

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(57)要約

本願発明は光素子と光ファイバとを有する光モジュールにおけるパッケージコストを低減しつつ高信頼性を確保するにある。

予め成形したプラスチックパッケージを用いて光モジュールを構成する場合は、プラスチックパッケージを設置する光ファイバの光軸方向に平行に成形樹脂の流動させてインジェクション成形する。また、プラスチックパッケージを一括成形する場合は、樹脂の流動方向を設置する光ファイバの光軸方向に平行にして成形する。樹脂ケースを用いる場合、パッケージが樹脂流動方向に関して高剛性と低熱膨張性を示すので、光ファイバに加わる外部応力および熱応力が低減される。従って、高信頼性が確保される。一括成形の場合、光ファイバに加わる成形圧力が低減される。この為、高信頼性が確保される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AM	アルメニア	FR	フランス	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AT	オーストリア	GA	ガボン	LT	リトアニア	SN	セネガル
AU	オーストラリア	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	UG	ウガンダ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UZ	ウズベキスタン
CA	カナダ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	VN	ヴェトナム
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	YU	ユーゴスラビア
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	ZW	ジンバブエ
CH	スイス	IS	アイスランド	NL	オランダ		
CI	コートジボアール	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CM	カメルーン	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CN	中国	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CU	キューバ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CY	キプロス	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
CZ	チェコ	KR	韓国	RU	ロシア		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		

明 細 書

光モジュール、光モジュールの製造方法及び光伝送装置

技術分野

- 5 本発明は光素子と光ファイバを樹脂にてパッケージングした樹脂モールド型光モジュールおよびこの樹脂モールド型光モジュールを用いた光ファイバ伝送装置および光伝送システムに係わるものである。

背景技術

- 10 近年、光ファイバ伝送システムの加入者ネットワークへの本格的導入の為、光モジュールの低コスト化に対する強い要求がある。この観点からパッケージング技術に関しては、これまで光素子分野で主流であったメタルパッケージあるいはセラミックパッケージの気密封止方法に代わり、樹脂封止方法（プラスチックパッケージ方法）が有力である。これは樹脂封止方法が大量廉価生産に適している
- 15 為である。

- 従来から、LSIやハイブリッドICの一般的な半導体装置の分野では樹脂封止の方法として、下記の各種方法が知られている。即ち、（１）トランスファ成形法（予備加熱した粉末状樹脂を加圧して金型に移送する方法）、（２）キャスティング注型法（液状樹脂を型枠に注入する方法）、（３）ポッティング注型法
- 20 （液状樹脂を樹脂ケースに注入する方法）、（４）キャップ封止法（中空のケースにキャップを樹脂で接着する方法）、（５）浸漬法（素子を樹脂液槽に浸漬する方法）、（６）滴下法（液状樹脂を素子上に滴下する方法）などである。

- また、これらの樹脂封止方法を光モジュールへ適用した例として次のようなものが知られている。例えば、特開平２－２７１３０８号公開特許公報（記事１）、
- 25 特開平１－３０４４０５号公開特許公報（記事２）、特開平７－３２１４０７号公開特許公報（記事３）、１９９６年電子情報通信学会総合大会講演論文集、分

冊エレクトロニクス1、第478頁から第479頁（記事4）、同誌、第216頁（記事5）、同誌、第207頁（記事6）などである。

記事1の光ファイバ伝送用レセプタクル型モジュールは、メタルパッケージによる気密封止とトランスファ成形による樹脂封止が併用されている。レーザダイ
5 オードやフォトダイオードが一旦キャン型メタルパッケージに気密封止され、更にこのキャン型メタルパッケージが電子回路部品やリードフレームと共にトランスファ成形法により成形されている。

記事2のレセプタクル型モジュールはポッティング注型法が用いられている。樹脂ケースは黒色エポキシ樹脂の成形品であり、その一部に円筒状のレセプタクル
10 ルが設けられている。発光ダイオードや受光ダイオードがリードフレームに設置され、これらが上記樹脂ケースに収容されている。そして、樹脂ケース内部は透明エポキシ樹脂のポッティングによって充填されている。発光ダイオードあるいは受光ダイオードはこの透明樹脂によって直接封止されている。

記事3は光ディスクのピックアップ光源に関するものである。この例はキャス
15 ティング注型法（またはトランスファ成形法）と滴下法による樹脂封止方法が併用されている。レーザダイオードはヒートシンクを介してリードフレームに固着され、これらが透明エポキシ樹脂のキャスティングによって封止されている。レーザ出射光による封止樹脂の光損傷と、レーザダイオードと封止樹脂の界面剥離を防止するため、レーザダイオードの表面にはシリコン樹脂が滴下法によって
20 塗布されている。

記事4の光ファイバ伝送用ビグテイル型モジュールはキャスティング注型法が採用されている。この例ではレーザダイオードとビグテイルファイバの素線部分が樹脂封止されている。即ち、レーザダイオードとファイバ素線の先端がヒート
25 シンクに固定され、このヒートシンクがメタルステムに固定されている。そして、これらが透明エポキシ樹脂のキャスティングによって成形されている。ビグテイルファイバのジャケット部分は樹脂封止されていない。

記事5のビグテイル型モジュールは中空の樹脂ケースがキャップ封止法により密閉されている。レーザダイオードとビグテイルファイバの素線部分がシリコン基板に固定され、この基板とジャケット部分が樹脂ケースに固定されている。樹脂ケースにはリードフレームがインサート成形されている。ファイバ素線と基板、
5 ジャケットと樹脂ケース、キャップと樹脂ケースは紫外線硬化樹脂によって互いに接着されている。

記事6のレセプタクル型モジュールはキャップ封止法とトランスファ成形法が併用されている。レーザダイオードとファイバ付きフェルールの先端とリードフレームとがシリコン基板に固定され、基板アセンブリが構成されている。レーザ
10 ダイオードとフェールはシリコンキャップを基板上にエポキシ樹脂で接着することにより一旦封止され、さらに、基板アセンブリはフェールの後端とリードフレームの OUTER リード部分とを除いて黒色エポキシ樹脂のトランスファ成形によって封止されている。レセプタクルはトランスファ成形品の一部分とフェールの後端と別部品で供給されるハウジングによって構成されている。

15 プラスチックパッケージはメタルパッケージあるいはセラミックパッケージに比べて光モジュールの低コスト化に有力であるが、これらに比較して一般的に透湿性が高く、熱膨張係数が大きいという難点がある。これらの要因は総合的にプラスチックパッケージの信頼性を低いものとなす。したがって、プラスチックモジュールの実用化を進めるためには、プラスチックパッケージの低コストという
20 利点を活かしながら、いかにしてその信頼性を確保するかが重要な課題になる。

上記課題に対して具体的に次の2面から考慮する必要がある。第1点は、光素子、光ファイバ、基板等のモジュールの構成部品それぞれに関して耐湿性を向上させることである。第2点は光素子と光ファイバとの光結合に関して、熱応力、外力、成形圧力等に起因する位置ずれを極めて高度に抑制する必要がある。特に
25 半導体レーザモジュールでは、こうした位置に対する要求が厳しくなる。それはレーザダイオードのスポットサイズが発光ダイオードのスポットサイズやフォト

ダイオードの受光径に比べて小さい為である。

しかし、これらの要求に対して上記従来技術は何れも一長一短があり、現今の産業界の要請に答えていない。本願発明はこれらの諸事項に関する新たな発明である。本願発明の背景を理解しめる為、以下、前述の従来技術での問題点を略述

5 する。

記事1では部品点数と組立工程数が多くなり、低コストというプラスチックパッケージの利点を活かしていない。それは、メタルパッケージとプラスチックパッケージが併用されている為である。

記事2の円筒状レセプタクルは樹脂ケースの一部に成形されている。レセプタクル自体の寸法精度と、コネクタ挿抜力や熱膨張によるレセプタクルの変形を考慮すると、記事2のモジュールはスポットサイズの大きい発光ダイオードには適用できるが、スポットサイズの小さいレーザダイオードには適さない。

記事3は光ディスク用光源であり、本願発明のごとき光ファイバ伝送用に関するものではない。当然ながら記事3ではファイバの封止や光結合の信頼性に対する配慮はなされていない。

記事4では、ビグテイルファイバの素線部分だけが樹脂封止され、ジャケット部分が外部に露出している。したがって、素線部分とジャケット部分の境界に熱応力や外力が集中し、ファイバ素線が破断するという問題が発生する。また、キャスティングを行う際に気泡が混入しやすいので、この経路から水分が内部に浸入して、光素子の光学端面や電極が腐食する難点がある。

記事5では、ビグテイルファイバが中空の樹脂ケースに収容されているが、樹脂ケースの熱応力や耐湿性に関する言及がない。また、樹脂ケースの材料や成形方法にも言及がないが、この技術は、こうした諸項目を十分選択しないと、種々の諸問題を生ずる。即ち、ファイバ素線（石英ガラス）と樹脂ケースの熱膨張係数差により、ファイバ素線がジャケットから突き出たり、応力集中によってファイバ素線にクラックが発生する。また、中空のケースの内部に浸透した水蒸気が

光素子やファイバ素線の表面に結露し、光素子の腐食を引き起こしたり、クラックの成長を進行させてファイバ素線を破断させる。

記事6では、光素子とファイバ付きフェルールがシリコン基板とシリコンキャップによって挟まれて封止されている。しかし、樹脂パッケージ部材の弾性率および熱膨張率の異方性は考慮されていない。

以上に概要を説明した通り、従来技術はコストに係わる部品点数や熱応力、耐湿性等に関して何らか配慮に欠けるところがある。本発明は、プラスチックパッケージング技術によって低コスト化と高信頼化を両立させた光モジュールを提供するものである。

10

発明の開示

本発明の第1の目的は、樹脂ケース型パッケージの成形コストを低減しつつ、光モジュールの信頼性を確保することである。

本発明の第2の目的は、樹脂ケース型の成形コストを低減しつつ、光素子と光ファイバ間の光結合の長期安定性を確保することである。即ち、温度変化及び外力による樹脂ケースの変形を抑制し、光モジュールの構成部材に加わる応力を低減する手段を提供するものである。

本発明の第3の目的は、樹脂ケース型の成形コストを低減しつつ、光素子と光ファイバ等の光モジュールの構成部材の耐湿性をより向上させる手段を提供することである。もって、光モジュールの長期安定性を確保することである。前記第2の目的に述べた光素子と光ファイバ間の光結合の長期安定性を確保する手段との併用によって、光モジュールのより充分に且つ長期安定性を確保することが可能となる。

本発明の第4の目的は、一括成型型パッケージの成形コストを低減しつつ、光モジュールの信頼性を確保することである。

本発明の第5の目的は、一括成型型パッケージの成形コストを低減しつつ、素

子と光ファイバ間の光結合の長期安定性を確保することである。即ち、温度変化及び外力による樹脂ケースの変形を抑制し、光モジュールの構成部材に加わる応力を低減する手段を提供するものである。

5 本発明の第6の目的は、一括成型型パッケージの成形コストを低減しつつ、光素子と光ファイバ等の光モジュールの構成部材の耐湿性をより向上させる手段を提供することである。もって、光モジュールの長期安定性を確保することである。前記第5の目的に述べた光素子と光ファイバ間の光結合の長期安定性を確保する手段との併用によって、光モジュールのより充分に且つ長期安定性を確保することが可能となる。

10 本発明の第7の目的は、樹脂ケース型パッケージの成形コストの低減と、光モジュールの信頼性を確保しつつ、光素子への最適な電気接続を構成する手段を提供することである。

本発明の第8の目的は、一括成型型パッケージの成形コストの低減と、光モジュールの信頼性を確保しつつ、光素子への最適な電気接続を構成する手段を提供
15 することである。

本発明の第9の目的は、低コスト且つ高信頼性なる光モジュールを搭載した光伝送装置および光伝送システムを提供することである。

本明細書に開示される諸発明は、上記課題を解決するに当たって、特に下記の2つの技術的側面に係わるものである。第1は樹脂パッケージの形成方法の側面
20 である。第2はその樹脂パッケージの内部への光素子および光ファイバの搭載方法の側面である。本明細書では、樹脂パッケージの成形方法を大別し、この成形方法別に発明の詳細を説明する。

樹脂パッケージの成形方法には大別して2種類ある。第1はあらかじめ成形された樹脂ケースを用いる方法（以下、樹脂ケース型と略称する）である。第2は
25 光素子を他の諸構成部品と共に一括してインサートモールドする方法（以下、一括成型型法と略称する）である。上記の樹脂ケース型の場合、樹脂ケースの成形

はインジェクション法(Injection Method)が好適である。一方、一括成形法ではトランスファ・モールド(Transfer Molding)が好適である。

尚、本明細書における光素子は、半導体レーザ装置や光増幅器や光変調器や光スイッチ等の能動光素子、半導体受光装置や光カップラや光合分波器等の受動光素子、光導波路基板や電子回路基板に光素子を搭載したハイブリッド光集積回路、
5 光素子と電子回路を集積したモノリシック光集積回路、光素子がファイバである場合等を含む意味である。更に、上述の各種光素子として、主として半導体材料で形成された活性領域を持つ半導体光素子の他に、誘電体材料で形成された活性領域を持つ誘電体光素子をも用いることが出来る。

10 光ファイバは、シングルモード石英ファイバの他、マルチモードファイバ、プラスチックファイバ等を用いることが出来る。光ファイバは1本に限らず複数本用いてよい。また、ファイバの形態として、ファイバアレイやテープファイバとして使用する形態や、パッケージの幾つかの面でファイバを取り出したり接続したりする形態がある。

15 次に、本願発明の詳細について、先ず樹脂ケース型の方法を説明し、ついで、一括成形法を説明する。

<樹脂ケース型成形方法>

樹脂ケース型に属する本発明の主要な形態を列挙すれば下記の通りである。尚、これらに伴う仔細な発明、更なる改良発明、および変形発明等の内容が合わせて説明される。
20

本発明の光モジュールの第1の形態は次の構成を有する。即ち、それは、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケース部材の少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこ
25 の樹脂材料の高弾性率の方向となっている。

樹脂ケース部材、特にそのベースの少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部

分に対して、光ファイバの方向が、弾性率に異方性を有する樹脂における高弾性率の方向になっている為、機械的な外力や熱膨張の差による樹脂ケースの変形が抑えられる。樹脂ケース部材はセラミック・パッケージに比較して安価であり、且つこのように樹脂ケースの変形が無いことにより、その製造部留りの向上と相

5 まって製造原価の低減を図ることが出来る。

本発明の光モジュールの第2の形態は、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケース部材の少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の低熱膨張係数の方向

10 となっている。

樹脂ケース部材の少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部分の、光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の低熱膨張係数の方向となっている為、熱によるベースの変形が小さく光素子と光ファイバの位置ずれなどが発生しない。尚、このような問題現象を発生する熱の発生源は、例えば外部環境の温度変化であり、

15 また、パッケージ内部の光素子自体の発熱である。

樹脂ケース部材はセラミック・パッケージに比較して安価であり、且つこのように樹脂ケースの変形が無いことにより、その製造部留りの向上と相まって製造原価の低減を図ることが出来る。

本発明の光モジュールの第3の形態は、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケースの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分

20 は、この樹脂の分子鎖の配向が前記光ファイバの光軸に略平行となっている。

樹脂ケースの少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部分が、この樹脂の分子鎖の配向が前記光ファイバの光軸に略平行となっている為、この分子鎖の配向の

25 方向のケースの弾性率を高め、結果として熱膨張率を低減出来る。従って、外圧や熱によるベースの変形が小さく光素子と光ファイバの位置ずれなどが発生しな

い。尚、このような問題現象を発生する熱の発生源は、例えば外部環境の温度変化であり、また、パッケージ内部の光素子自体の発熱である。

- 樹脂ケース部材はセラミック・パッケージに比較して安価であり、且つこのように樹脂ケースの変形が無いことにより、その製造部留りの向上と相まって製造
- 5 原価の低減を図ることが出来る。

本発明の光モジュールの第4の形態は、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載し且つ樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸に略平行として成形した樹脂ケース部材を有する。

- 10 この成形方法によれば、上述の光ファイバの光軸方向と樹脂ケースの長手方向を構成する樹脂の分子鎖の配向とが概ね平行となる。この為、この分子鎖の配向の方向のケースの弾性率を高め、結果として熱膨張率を低減出来る。

- こうした樹脂ケースの成形に際しては、ファイバの取り出し部およびその近傍の部位、またはこの取り出し部に対向する部位に樹脂を注入する為のゲートを設
- 15 けて、樹脂を金型に注入するのが良い。この部位より樹脂を注入することにより、光ファイバの光軸方向と樹脂ケースの長手方向を構成する樹脂の分子鎖の配向とが概ね平行となすことが出来る。この成形方法は（1）ヒグテイル型光モジュール、および（2）レセプタクル型光モジュールに用いて好適である。

- この成形方法による樹脂ケース部材はセラミック・パッケージに比較して安価
- 20 であり、且つこのように樹脂ケースの変形が無いことにより、その製造部留りの向上と相まって製造原価の低減を図ることが出来る。

- 尚、この場合、より実際的にはリードフレームを樹脂パッケージ部材に予め一体成形しておくことが好適である。即ち、光ファイバの光軸に略平行に樹脂を流動させて樹脂パッケージ部材を成形する際、リードフレームを予め所定位置にイ
- 25 ンサートしておき、熱可塑性樹脂を流動させてインジェクション成形するものである。

この手段によれば、樹脂ケースと電気端子であるリードフレームと一体にして供給できるので、モジュールの組立における取り扱いが簡便になる。また、光素子と光ファイバを基板に強固に位置決めできるので、外力や温度変化によるケースの歪みが光素子とファイバ間のアライメントを狂わせることがなく、光結合を
5 より安定化できる。また、光素子の発生した熱はリードフレームを介して放熱される。

樹脂ケース型を用いて光モジュールを製造する場合、上記樹脂パッケージの形成方法の趣旨からして、樹脂ケースをインジェクション成形する際、金型内での熱可塑性樹脂の流動方向と光ファイバの光軸方向とが概ね平行になるように、光ファイバをその樹脂ケースに載置することが肝要である。このケースに諸部材を封止した時、外力や温度変化によるケースの変形を抑制でき、温度変化および外圧によるケースの変形を抑制することが出来る。この為、光素子とファイバ間の位置ずれによる光結合特性の劣化やファイバ表面のクラックの発生を防止でき、結果として光モジュールの信頼性を向上できる。光素子とファイバの間の光結合を
10 長期間わたって安定に維持出来る。

樹脂ケース型のケース材料としては2つの種類がある。それは、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂である。熱硬化性樹脂の代表例としてエポキシ樹脂をあげることが出来る。熱可塑性樹脂の例を挙げると、ガラス繊維強化型グレードの液晶ポリマー（LCP）、フィラー強化型グレード、カーボン繊維強化型グレード、架橋
20 型ポリフェニレンサルファイド（PPS）樹脂、直鎖型PPS樹脂、ポリブチレンテレフタレート（PBT）樹脂等を挙げる事が出来る。

上記樹脂ケース法に用いる樹脂としては、熱可塑性樹脂が特に好ましい。熱可塑性樹脂は次のような利点がある為である。（１）熱硬化性樹脂に比べて成形サイクル時間が短い。（２）樹脂ロス率が低い。（３）再生材を利用できる。即ち、
25 上記（１）の利点とあいまって、樹脂使用量を削減できるので、コストの低減に有用である。（４）低圧インジェクション成形によりバリが少ない。（５）アフ

タキュアが不要である。こうした利点に基づき樹脂ケースの製造に対する低コスト化が可能である。尚、成形温度が比較的高いことは樹脂ケースの製造に際してはあまり問題にならない。

また、この樹脂でインジェクション成形を行うことにより分子鎖の配向を容易に揃えることができる。特に例えば直鎖型PPSや液晶ポリマーではさらに容易に分子鎖の配向を容易に揃えることができる。従って、この配向に沿ってケース内にファイバを載置することにより低応力化を実現し、結果として高信頼化を達成できる。上述の通り、熱可塑性樹脂は成形時に樹脂の流動方向に分子鎖が配向するので、機械的及び熱的な異方性に配慮することが肝要である。弾性率や熱膨張係数が流動方向に依存することに留意していないと、外力に対して変形しやすくなったり、熱応力によって光素子とファイバ間の経時的な位置ずれ(クリープ)やファイバのクラックを誘起する場合がある。

尚、本樹脂ケース型の方法に熱硬化性樹脂を用いることも可能である。しかし、前述の熱可塑性樹脂を用いる方が、熱硬化性樹脂を用いることに比較して価格的に有利である。

次に、樹脂ケース型の場合における樹脂パッケージの内部の光素子および光ファイバの封止について説明する。

樹脂ケース型の場合、製造方法の手順自体は通例の手順で良い。樹脂パッケージのベースに少なくとも光素子および光ファイバを載置し、キャップを用いてパッケージを完成させる。尚、より実際的には、リードフレームをアウターリード部を除いてインサートしてインジェクション成形した樹脂ケースに、光素子と光ファイバが固着された基板を載置する。

樹脂ケース型において、パッケージの内部における光素子や光ファイバの封止方法は主に3つに分類できる。第1はポットイング注型法により樹脂ケースの内部に透明樹脂を充填する方法、第2は樹脂ケースにキャップを取り付けてケース内部を中空のまま封止する方法、第3は光素子やファイバに透明樹脂を滴下した

後に樹脂ケースとキャップで封止する方法である。これらの方法の中で、第1のポッティング注型法が一層望ましい。

第2の方法は光素子やファイバへの結露と、これに伴う光素子の劣化やファイバの破断が問題になる。第1と第3の方法とを比べると、樹脂ケースの変形やファイバの応力をなるべく抑えるためには、ケース内部が樹脂で充填されている第1のポッティング注型法が一層望ましい。この場合、光素子と光ファイバを透明樹脂で直接被覆する。

この手段によれば、光素子と光ファイバを透明樹脂で直接被覆することにより、樹脂ケース内へ浸入した水分（長期間の高温高湿環境では避けられない）が光素子の光学端面および電極やファイバの表面へ付着することを回避できる。

さらに、このパッケージ内部の光素子および光ファイバの封止方法と、上記本願発明の各種樹脂パッケージ部材の形成方法との併用によって次の効果を得ることが出来る。即ち、樹脂パッケージ部材の形成方法に基づく低応力化等の効果と相まって光素子、光ファイバと透明樹脂との密着性を確保できる。樹脂ケースが高弾性、低熱膨張であることにより光素子自体の応力が緩和され、光素子、光ファイバと透明樹脂との密着性を確保できる。したがって、水膜形成による光素子の腐食やファイバのクラックを防止でき、耐湿性を向上できる効果がある。

また、外部環境の温度変化は樹脂ケース内部では緩和される。更に、加えて光ファイバの封止に用いる透明樹脂による耐環境性の向上が著しい。

光素子やファイバを直接被覆する透明樹脂として、熱硬化性樹脂、例えば、シリコーン系樹脂のシリコーンゲル、シリコーンゴム、低応力エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂等を用いることが出来る。

尚、上述の従来技術の欄の記事3の光ディスク用レーザダイオードは光損傷対策のためにシリコーン樹脂で直接被覆されている。しかし、光ファイバ伝送用レーザダイオードは発振波長が長く、光出力が比較的小さいので、光ディスクのような光の吸収と熱分解に起因する光損傷は生じにくい。したがって、光伝送シ

ステムでは、記事3のようにパッケージング樹脂に対し光損傷対策としての役割を期待する必要はあまりない。記事3と本発明とではその選択の観点が異なるものである。

<一括成形法>

- 5 次に、一括成形法の場合について説明する。

一括成形法による本発明の第5の形態である光モジュールは次の構成を有する。

即ち、光素子と光ファイバをインサートしてトランスファ成形する際に、金型内で光ファイバの光軸方向と概ね平行になるように熱硬化性樹脂を流動させて成形させるものである。この方法は樹脂からファイバが受ける抵抗を減少させ、ファイ

- 10 イバの位置ずれや残留歪みを低減できる。したがって、光素子とファイバ間の位置ずれによる光結合特性の劣化やファイバ表面のクラックの発生を防止でき、結果として光モジュールの信頼性を向上できる。

また、本手段によれば、トランスファ成形により光素子や光ファイバを安定且つ短時間に一括成形でき、低コスト化できる効果がある。また、金型内に設置し

- 15 たファイバに沿って溶融した熱硬化性樹脂を流動させることにより、成形時の光結合特性の変動を抑制でき（例えば低粘度樹脂や低速成形はさらに有効）、成形後にファイバに加わる残留応力を低減できる。例えば低弾性樹脂や低熱膨張樹脂はさらに有効である。これに伴って耐湿性を含めた光モジュールの信頼性を向上できる。

- 20 尚、成形時には、例えば低粘度樹脂を用いることや低速成形することは、本発明の効果を発揮する為にさらに有効である。また、成形後の問題の解決には例えば低弾性樹脂、低熱膨張樹脂を用いることがさらに有効である。

一括成形法に用いる樹脂としては、熱硬化性樹脂が好ましい。ベース樹脂の代表例はエポキシ樹脂、シリコーン樹脂を挙げることが出来る。勿論、通例の熱硬

- 25 化性樹脂の実用の場合と同様に所望の充填剤、可撓化剤を添加することが出来る。

一括成形型には一般的に2つの方法がある。それらはキャストイング注型法と

トランスファ成形法である。前者には主として液状のエポキシ樹脂、後者には主として粉末状のエポキシ樹脂を固めたタブレットが用いられる。

トランスファ成形法は低コスト化と大量生産に適している。それは、トランスファ成形法がキャスティング注型法と比較し次の利点を有するからである。即ち、

- 5 （１）成形時間が短いこと、（２）真空脱泡処理が不要であること、（３）形状寸法や信頼性が安定していることなどである。

但し、メタルパッケージやキャップが無い場合のトランスファ成形では樹脂の移送圧力が光素子やファイバに加わり、光素子とファイバとの位置ずれやファイバや光素子搭載基板の歪みの原因になる。したがって、モールド時の樹脂の流動

10 方向に対して配慮する必要がある。この位置ずれは光素子とファイバの結合特性を劣化させる。更に、歪みは内部残留応力として作用するので光モジュールの長期的な信頼性に影響を及ぼす。

なお、上述したように樹脂ケース型でも流動方向による分子鎖の配向が要点になっており、流動方向が樹脂ケース型と一括成型型双方にとって重要であること

15 がわかる。

尚、この場合、より実際的にはトランスファ成形する場合、リードフレームを予め所定位置にインサートしておき、光ファイバの光軸に概ね平行に熱硬化性樹脂を流動させてトランスファ成形するのが好適である。

この手段によれば、光素子と光ファイバを基板で安定に保持できる上、この基板をリードフレームの上または下に固着してトランスファ成形を行うことにより

20 電気接続を簡便に取り出すことができる。

一括成型型における光素子やファイバの封止方法は主に４つに分類できる。第１は光素子や光ファイバを透明樹脂で直接モールドする方法、第２は光素子やファイバをキャップで封止した後に不透明樹脂（着色、主に黒色）でモールドする

25 方法、第３は透明樹脂を滴下した後にさらに透明樹脂でモールドする方法、第４は透明樹脂の滴下後にさらに不透明樹脂でモールドする方法である。

部品点数を下げて低コスト化するためにはキャップを省いた方が良いので、光素子を直接被覆する樹脂が透明である必要がある。また、モジュールに入出射する迷光を防止するためには最外面が不透明である方が良い。したがって、滴下した透明樹脂の上に不透明樹脂をモールドするという、従来にない第4の方法が一

5 層望ましい。

一括成形方法の場合、次の工程を取る。パッケージのベースに少なくとも光素子および光ファイバを載置し、光素子とファイバに透明樹脂を滴下し固定する。こうして光素子とファイバを透明樹脂で直接被覆した後、トランスファ成形を行うものである。

10 より実際的には、少なくとも光素子とファイバとリードフレームを基板に固着し、この基板アセンブリをインサートしてファイバの取出し部とリードフレームの OUTER リード部とを除いてトランスファ成形するものである。

この光素子や光ファイバを透明樹脂で直接被覆する手段によれば、トランスファ成形パッケージの吸湿による光素子やファイバの劣化を防止できる上、透明樹脂によって光素子と光ファイバの結合部に加わる成形圧力を分散でき、成形後の
15 残留応力を吸収できる。したがって、光素子と光ファイバとの光結合特性をより安定させ、光モジュールの信頼性をより向上できる効果がある。

光ファイバ伝送用モジュールではシリコン樹脂が光損傷防止用として必要になることはない。しかし、シリコン樹脂は次の点で有利である。即ち、シリ
20 コン樹脂の弾性率がエポキシ樹脂に比べて低いということに着目すれば、光素子やファイバに加わる熱応力が緩和され、光素子と樹脂の界面剥離が抑止される。したがって、それらの界面での水膜形成に伴う腐食が防止される。

なお、一括成形型でトランスファ成形を採用する場合には透明樹脂に移送圧力が加わるので、変形を防止するために透明樹脂の弾性率が或る程度高くなくては
25 ならない。すなわち、低熱応力化と変形防止を両立させる弾性率を持つ透明樹脂を選択する必要がある。

上述した各種光モジュールを光伝送装置の配線基板に実装し、光伝送装置を高信頼性にして且つ安価に実現することが出来る。こうして、高信頼性にして且つ安価な光伝送システムを提供することが出来る。

本願発明の効果を整理すれば、以下の通りである。

- 5 本発明の第1の形態によれば、樹脂ケース部材、特にそのベースの少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部分の、光ファイバの方向が樹脂の高弾性率の方向になっている為、外的な熱によるベースの変形が小さく光素子と光ファイバの位置ずれなどが発生しない。

- 10 本発明の第2の形態によれば、樹脂ケース部材の少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部分の、光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の低熱膨張係数の方向となっている為、外的な熱によるベースの変形が小さく光素子と光ファイバの位置ずれなどが発生しない。

- 15 本発明の第3の形態によれば、樹脂ケースの少なくとも光ファイバの光軸に沿う主要部分が、この樹脂の分子鎖の配向が前記光ファイバの光軸に略平行となっている為、この分子鎖の配向の方向のケースの弾性率を高め、結果として熱膨張率を低減出来る。従って、外圧や外的な熱によるベースの変形が小さく光素子と光ファイバの位置ずれなどが発生しない。

- 20 本発明の第4の形態によれば、光ファイバの光軸方向と樹脂ケースの長手方向を構成する樹脂の分子鎖の配向とが概ね平行となる。この為、この分子鎖の配向の方向のケースの弾性率を高め、結果として熱膨張率を低減出来る。したがって、温度変化および外圧によるケースの変形を抑制することが出来、光モジュールの構成部材に加わる応力が低減される。結果として、光素子とファイバの間の光結合を長期間わたって安定に維持出来る。

- 25 本発明の第5の形態によれば、トランスファ成形により光素子やファイバを安定且つ短時間に一括成形でき、低コスト化でき、且つ金型内に設置したファイバに沿って溶融した熱硬化性樹脂を流動させることにより、成形時の光結合特性の

変動を抑制でき、成形後にファイバに加わる残留応力を低減できる。したがって、耐湿性を含めた光モジュールの信頼性を向上できる。

本発明は低価格且つ高信頼性なる光伝送装置および光伝送システムを提供できる。

5

図面の簡単な説明

第 1 A 図は本発明の第 1 の実施例のビグテイル型光モジュールを説明する平面図である。第 1 B 図は本発明の第 1 の実施例のビグテイル型光モジュールを説明する光軸に平行な方向の断面図である。第 1 C 図は本発明の第 1 の実施例のビグテイル型光モジュールを説明する光軸に交差する方向の断面図である。第 2 A 図は本発明の第 2 の実施例のビグテイル型光モジュールを説明する平面図である。第 2 B 図は本発明の第 2 の実施例のビグテイル型光モジュールを説明する光軸に平行な方向の断面図である。第 2 C 図は本発明の第 2 の実施例のビグテイル型光モジュールを製造する形態を示す平面図である。第 3 A 図は本発明の第 3 の実施例のレセプタクル型光モジュールを説明する平面図である。第 3 B 図は本発明の第 3 の実施例のレセプタクル型光モジュールを説明する光軸に平行な方向の断面図である。第 4 A 図は本発明の第 4 の実施例のレセプタクル型光モジュールを説明する平面図である。第 4 B 図は本発明の第 4 の実施例のレセプタクル型光モジュールを説明する光軸に平行な方向の断面図である。第 5 図は本発明の第 5 の実施例のカード型光モジュールを説明する斜視図である。第 6 図は本発明に係わる光伝送システムを説明する図である。

10
15
20

発明を実施するための最良の形態

実施例 1

25 第 1 の実施例は上記「樹脂ケース型」の例、より具体的には樹脂ケース型パッケージによるビグテイル型光送信モジュールの例である。その主な特徴は、パッ

ケージのベースとキャップを成形する時に、液晶ポリマーの流動方向を光ファイバの光軸方向に平行とした。こうして、液晶ポリマーの分子鎖が光軸方向に沿って配向する。これにより、この方向の光パッケージおよびキャップの弾性率を向上させ、熱膨張係数を低減できる。尚、この例は、パッケージ成形方法としてインジェクション成形する方法をとり、更に、光素子と光ファイバの封着方法として滴下法を採用する。この滴下には低弾性樹脂を用いる。

本発明の第1の実施例を図面を用いて詳細に説明する。第1A図、第1B図および第1C図は本発明による第1の実施例の光モジュールを説明する図である。同図は樹脂ケース型パッケージによるビグテイル型光送信モジュールを示している。第1A図は上面から見た部分的な平面図、第1B図は側面から見た部分的な断面図、第1C図は光ファイバの光軸に交差する方向の断面図である。

第1A図、第1B図、第1C図に示す通り、樹脂ケース型プラスチックパッケージには光素子10、11とビグテイル型光ファイバの先端部の素線20と光素子等の部材搭載用の基板30が収容されている。そして、これらの部材がキャビティ44内に密封されている。このキャビティ44は主として上記のベース40とキャップ80とにより形成される。尚、リードフレーム50は樹脂ケース型プラスチックパッケージ40と一体化されて形成されている。

光素子10、11は基板30にダイボンディングされ、ファイバ素線20は基板30に設けられたV溝31に固着されている。こうして光素子10とファイバ20及び光素子10と光素子11が互いに光結合されている。光素子10、11とファイバ20の先端は透明樹脂60によって被覆されている。こうして光素子10、11とファイバ20が載置された基板30は、リードフレーム50より延在するダイパッド51に固着されている。ダイパッド51は上記キャビティ44の内部に設置される。

プラスチックパッケージのベース40の一端には、通例U溝の光ファイバホルダ部41が設けられる。このU溝42にはファイバ素線20が、また、U溝43

には素線20を被覆したジャケット21が、それぞれ固着されている。キャップ80はプラスチックパッケージ40の凸部45に嵌め合わされ、固着されている。

光素子10はI n P系半導体から成る端面発光型レーザダイオードである。発振波長は1.3 μm 、前方出力は例えば7 mW、ファーフールドパターンの半値全角は例えば $25 \times 30^\circ$ (スポットサイズに換算して約 $1.1 \times 0.9 \mu\text{m}$)である。

光素子11はI n P系半導体から成る端面受光型(導波路型)フォトダイオードであり、光素子10の後方出力をモニターするためにある。光素子10、11は、基板30の所定の位置にジャンクションダウンでAu-S n半田によりダイボンディングされている。光素子10、11のジャンクション側の表面には、基板30に対してアライメントを行うためのマーカーが形成されている。Au-S n半田層の厚さは例えば3 μm であり、基板30の表面からの光素子10、11の活性層の高さが例えば8 μm になるように設定されている。

光ファイバ20はシングルモード石英ファイバである。外径は例えば125 μm 、スポットサイズは例えば5 μm である。光素子10の出射光はファイバ20に結合され、光軸方向23に沿って光ファイバ20の中を伝播して出力される。光ファイバ20の端面を垂直に切断し、光素子10にバットジョイント方式により結合させた場合には最大約-8 dBの結合効率を得られている。光ファイバ20の端面に緩衝フッ酸液によるエッチングや放電溶融加工によりレンズを形成し、先球レンズ結合方式により結合させた場合には最大約-3 dBの値が得られている。光ファイバ20の後方はジャケット21により保護され、ヒグテイルファイバを構成している。ジャケット21はナイロンから成り、例えば外径は0.9 mmである。ジャケット21のU溝43に固着される部分には接着性を高めるために粗面化加工や化学処理を施す場合がある。

基板30は例えば結晶面方位(100)のシリコン基板から成る。基板30は、光ファイバ20を高精度に位置決めするためのV溝31と、光素子10、11を

駆動するための配線 33 を備えている。また、光素子 10、11 を固定する位置にはアライメント用マーカ（図示せず）が形成されている。V 溝 31 とマーカはシリコン結晶の (111) 結晶面およびこれと等価な面を用いて構成する。

この V 溝は KOH 水溶液によるシリコン結晶面に対する異方性エッチングにより同時に形成されている。V 溝 31 の幅は例えば $142\text{ }\mu\text{m}$ であり、基板 30 の表面から見てファイバ 20 の先端の光軸の高さが光素子 10、11 の活性層の高さに一致するように加工されている。

配線 33 は通例の Au/Pt/Ti 膜または Au/Ni/Cr 膜等から成り、基板 30 の表面の絶縁膜の上に蒸着されている。第 1A 図 1 の配線パターンは模式的に描かれているが、配線 33 の幅や厚さ、絶縁膜の厚さは光素子 10、11 の負荷容量や熱抵抗を考慮して決められていることは勿論のことである。

パッケージのベース 40 は 8 ピンのデュアルインラインパッケージ (DIP) から成る。本例のパッケージ 40 の外形を例示すれば、長さ 14.6 mm (ファイバホルダ部の長さ 5 mm を含む)、幅 6.3 mm 、高さ 3 mm である。パッケージのベース 40 にはキャビティ 44 と U 溝 42、43 と凸部 45 が設けられている。U 溝 42、43 の幅はそれぞれに固着されるファイバ 20 とジャケット 21 の外径に対応している (第 1C 図を参照)。こうしてパッケージ 40 の封止性を高め、ジャケット 21 からのファイバ 20 の突き出しを防止している。U 溝 42、43 の深さは、ファイバ 20 の高さがその先端 (V 溝 31) から U 溝 42 にかけて増加するように設計されている。これは、ファイバ 20 の撓みによって外力による歪みや熱変位を吸収するためである。パッケージ 40 の外周の凸部 45 は、パッケージのベース 40 の剛性を高め、キャップ 80 との密着性を向上させるためにある。

パッケージのベース 40 とキャップ 80 は熱可塑性樹脂の一種である黒色の液晶ポリマーから出来ている。それぞれ、モールド金型において液晶ポリマーをゲート部 46、81 から矢印 47、87 の方向に流動させることによりインジェク

ション成形されている。第1実施例の金型ではピンゲートを用いており、ゲート部46、81はファイバホルダ部41の上下面にある。樹脂の流動方向47、87はファイバ20の光軸方向23に実質的に平行である。尚、モールド金型自体は通例のもので良い。第1B図にはモールド金型は図示が省略されている。

- 5 液晶ポリマーには様々なグレードがあるが、第1の実施例では高剛性、低熱膨張、成形性の観点でガラス繊維強化型グレードを選定した。また、液晶ポリマーの成形では分子鎖が流動方向に強く配向することから、流動方向(//)と直角方向(⊥)に対する異方性にも留意した。第1の実施例に使用した液晶ポリマーの弾性率は14 GPa (//)と4 GPa (⊥)、熱膨張係数は5 ppm/°C (//)と
- 10 60 ppm/°C (⊥)、成形収縮率は0.1% (//)と0.5% (⊥)である。その他の代表的特性として比誘電率は約4、吸水率は0.01%、半田付け耐熱性は300°Cで30秒である。成形性に関してはシリンダー温度350°C、金型温度80°C、射出圧力40 MPa、成形サイクル時間20秒の条件でバリの少ない良好な成形を行えている。
- 15 リードフレーム50はパッケージのベース40にインサート成形されている。リードフレーム50の材料として、光素子10を高出力/高温で使用する場合には高熱伝導性のCu合金、比較的低出力/低温で使用する場合には低熱膨張性のFe-Ni合金を用いている。基板30が固着されるダイパッド51とインナーリード52-1~8とはキャビティ44の内面に露出しており、アウターリード
- 20 53-1~8はパッケージ40の外部に伸び出ている。アウターリード53-1~8のピッチは例えば2.54 mm、53-1~4と53-5~8の間の幅は例えば300 mil (7.62 mm)である。ダイパッド51はアウターリード52-2、52-7につながっている。アウターリード53-6、7は配線33とAuワイヤ70、71を介して光素子10に電気接続され、アウターリード53
- 25 -4、5は光素子11に電気接続されている。

透明樹脂60は柔らかいゲル状のシリコン樹脂から成る。透明樹脂60の波

長1.3 μm における屈折率は1.4であり、光ファイバ20の屈折率と概ね整合している。透明樹脂60は光素子10、11と光ファイバ素線20の先端（信頼性仕様に応じて素線20の表面全体）に塗布され、これらに密着している。また、光素子10の前方端面と光ファイバ20の端面の間と、光素子10の後方端面と光素子11の受光端面の間とに充填され、これらの間の光結合効率を向上させ（アライメントの許容精度を拡大し）、光ファイバ20の端面から光素子10への反射戻り光を無くしている。

次に、第1の実施例の光モジュール例1の組立工程の概略を説明する。

(1) 予めパッケージのベース40とキャップ80を周知の方法によってインジェクション成形する。この場合、これまで詳細に説明したように、特にベース40は、光ファイバの光軸に略平行となるように樹脂を流動させて成形することが肝要である。

(2) 光素子10、11と基板30のマーカーを、例えば赤外線画像により認識し、これら相互のアライメントを行う。そして、光素子10、11に荷重をかけ、予備加熱した基板30に仮圧着する。

(3) Au-Sn半田をリフローし、光素子10、11を基板30にダイボンディングする。

(4) 基板30をダイパッド51に導電性（高熱伝導性）のエポキシ樹脂によって固着する。

(5) 光素子10、11と基板30の配線33の間、配線33とインナーリード52-4~7の間をワイヤ70、71によってボンディングする。

(6) 光素子10の前方端面とファイバ20の端面の間隔が所定の距離になるように、光ファイバ20の先端をV溝31に紫外線硬化樹脂によって固着する。

(7) 光ファイバ20とジャケット21をU溝42、43にエポキシ樹脂によって固着する。

(8) 透明樹脂60を光素子10、11と光ファイバ20に滴下し、熱硬化させ

る。

(9) キャップ80をパッケージ40にエポキシ樹脂によって固着し（または超音波をかけて溶着し）、パッケージ40を封止する。

(10) リードフレーム50のダムバー（図示せず）やタイバー（図示せず）を
5 切断し、アウターリード53-1～8を所定の形状に折り曲げる。

こうしてモジュールの組立を完了する。

第1の実施例の光モジュール例1では、樹脂ケース型パッケージのベース40とキャップ80を熱可塑性樹脂の液晶ポリマーでインジェクション成形する。これにより、一般的な熱硬化性樹脂で成形した場合に比べて、樹脂硬化に要する時
10 間が必要となり、結果として成形サイクル時間を約1/5に短縮できる。また、バリ取り加工やアフタキュアを省略できる。

また、熱可塑性樹脂の使用によって、材料使用量を削減できる。その主な理由は次の通りである。(1) 成形時の樹脂材料の損失が少ない。(2) 再生材料を再溶融して、その20～25%まで使用することが出来る。こうして、パッケージ40とキャップ80の成形コストを低減できる効果がある。
15

第1の実施例では、パッケージのベース40とキャップ80を成形する時に液晶ポリマーの流動方向47、87が光ファイバ20の光軸方向23に平行になるので、液晶ポリマーの分子鎖が光軸方向23に沿って配向する。これにより、この方向の光パッケージ40とキャップ80の弾性率を向上させ、熱膨張係数を低
20 減できる。通常、ヒグテイル型モジュールでは特にファイバホルダ部に光軸方向に関する引張り応力や曲げ応力が加わる。しかし、第1の実施例に示した光モジュールでは十分な機械強度を確保でき、光ファイバ20に加わる外部応力を抑制できる。また、光軸方向23のパッケージ40とキャップ80の熱膨張係数は5 ppm/°Cである。この値は、直角方向の係数(60 ppm/°C)や通常のプラスチック(10 ppm/°Cのオーダー)に比べてシリコン基板30(3 ppm/°C)
25 に近い。したがって、石英で構成される光ファイバ20(0.5 ppm/°C)と

の差が小さいので、光ファイバ20に加わる熱応力を低減できる。

さらに、第1の実施例では光ファイバ20に撓みを持たせることにより、外部
応力と熱応力双方を緩和できる。即ち、第1B図にみられるように、光素子10
の高さより光ファイバ20を支えるU溝42の底面の高さが高い為、光ファイバ
5 20に撓みを設けている。この撓みが外部応力と熱応力に基づく伸縮を吸収する。

したがって、第1の実施例によれば、応力集中による光ファイバ20のクラッ
クを防止できると共に応力による光ファイバ20の先端の位置ずれに伴う光結合
効率の変動（すなわちファイバ20からの光出力の変動）を抑制できる効果があ
る。ちなみに、光モジュール1を温度サイクル試験（ $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 、1 h
10 r/サイクル）にかけた結果、現時点で数千サイクルまでファイバ20からの光
出力の変動は $\pm 0.5\text{ dB}$ 以内におさまっており、十分な耐応力性を確認できて
いる。

耐湿性対策として、第1の実施例ではパッケージのベース40にU溝42、4
3と凸部45を設けて、ベース40とキャップ80の外周、U溝42とファイバ
15 20、U溝43とジャケット21との密着性を向上させている。これにより、パ
ッケージのベース40をキャップ80で容易且つ確実に封止でき、キャビティ4
4の内部への水分の浸入を抑制できる。

さらに、光素子10、11とファイバ素線20に透明樹脂60を滴下して封止
することにより、もしキャビティ44の内部に水分が浸入してもこれらの界面に
20 水分が凝結することがなくなる。こうして、光素子10、11の腐食及びファイ
バ20の劣化を防止できる。

また、透明樹脂60として柔らかく可撓性を有するシリコーンゲルを用いるこ
とにより、光素子10、11やファイバ20と透明樹脂60との熱膨張差があつ
てもこれらの界面に加わる応力を緩和できるので、透明樹脂60の密着性を長期
25 にわたって確保できる。したがって、第1の実施例によれば、キャップ封止法と
滴下法を適切に併用することにより耐湿性を向上できる効果がある。上記温度サ

イクル試験と並行して光モジュール1を高温高湿動作試験（85℃、85％）にかけているが、数千時間までファイバ20からの光出力の変動は±0.5dB以内であり、十分満足できる結果を得ている。

5 なお、第1の実施例ではパッケージ成形材料としてガラス繊維強化型グレードの液晶ポリマーを用いたが、剛性、低熱膨張性、成形性、耐熱性、帯電性、難燃性等の必要に応じて他の熱可塑性樹脂材料を用いることが出来る。これらを例示すれば、液晶ポリマーのグレード例えばフィラー強化型グレードやカーボン繊維強化型グレード等、架橋型PPS樹脂、直鎖型PPS樹脂、ポリブチレンテレフタレート（PBT）等をあげることが出来る。また、メッキが可能なグレードを用いて、例えば電磁ノイズ対策としてキャップの内面にメッキを施すことも可能である。

15 第1の実施例のインジェクション成形の為の金型はピンゲートを採用し、ゲート部をファイバホルダ部の下面に設けた。しかし、樹脂の流動方向が光ファイバの光軸に概ね平行であればサイドゲートやサブマリリングート等を用いてよい。ゲート部をファイバホルダ部の反対側（第1A図で言えば左側）に設けても実質的に本発明の効果を発揮できる。第1A図のようにモジュールを上面から見た場合に光軸上またはその延長線上にゲート部を設けてもよい。

20 また、成形金型に複数のキャビティと複数のゲートを設けて多連リードフレームを用いることにより、複数のパッケージを一度に成形することができる。例えば複数のキャビティを光軸に対して垂直に並べて金型を構成すれば、パッケージ取得数が増して生産性が向上する。

25 第1の実施例では、樹脂封止方法としてパッケージをキャップで封止し、且つ光素子とファイバを滴下法により封止した。しかし、より耐応力性と耐湿性を向上させるためにポッティング注型法によりパッケージ内部を透明樹脂で充填する場合がある。また、封止コストと信頼性を勘案した上でキャップまたは透明樹脂を省略する場合もある。

また、キャップ材料はパッケージのベースと同じ樹脂材料であったが、部材供給等の都合によりメタルキャップやセラミックキャップに変更することもある。光素子とファイバの封止材料には透明なシリコンゲルを用いたが、弾性率、透湿率、屈折率、接着性等に配慮して他の被覆材料、例えばシリコンゴム、低応力エポキシ樹脂（例えばシリコン変性エポキシ）、アクリル樹脂、ウレタン樹脂等を採用してよい。

パッケージ及び端子の形態は、対象とする光素子、光ファイバ、光モジュールの使用条件に応じて、第1の実施例に例示したDIP型の他の形態も勿論可能である。これらを例示すれば、スモールアウトラインパッケージ（SOP）型、プラスチックリードチップキャリア（PLCC）型、リードレスチップキャリア（LCC）型、ピングリッドアレイ（PGA）型、ボールグリッドアレイ（BGA）型等をあげることが出来る。また、一方の光素子を駆動する必要がない場合、例えば受動光素子の場合には端子を設ける必要はない。

光素子に関しては、第1の実施例で示したレーザダイオードやフォトダイオードの他、光増幅器や光変調器や光スイッチ等の能動光素子、光カップラや光合分波器等の受動光素子、半導体光素子や誘電体光素子、光導波路基板や電子回路基板に光素子を搭載したハイブリッド光集積回路、光素子と電子回路を集積したモノリシック光集積回路、光素子がファイバである場合等も含めて、本発明の適用範囲は広い。

光ファイバは、シングルモード石英ファイバの他、マルチモードファイバ、プラスチックファイバ等を用いることが出来る。光ファイバは1本に限らず複数本用いてよい。また、ファイバの形態として、ファイバアレイやテープファイバとして使用する形態や、パッケージの幾つかの面でファイバを取り出したり接続したりする形態がある。

また、光モジュールがファイバを陽に有する場合だけではなく、レセプタクル型モジュールのようにファイバを陰に有する場合にも本発明は有効である。

第1の実施例では光素子とファイバのアライメント精度を向上し、光素子の放熱性を向上するためにシリコン基板を用いたが、加工精度、コスト、熱抵抗、比誘電率等の仕様に応じてプリント基板、セラミック基板、薄膜基板等でもよく、基板に配線がない場合や基板を用いない場合等にも本発明を適用できる。

- 5 ところで、光ファイバ伝送システムにおいて、光モジュールはL S Iや電子部品と共に配線基板（プリント基板、セラミック厚膜基板、薄膜基板等）に実装され、光伝送装置として使用される。第1の実施例や後述する実施例で示すように、本発明による光モジュールは成形性に加えて耐応力性や耐湿性等の点で優れており、光伝送装置としても低コスト化と高信頼化を実現できることは言うまでもない。
- 10 い。

実施例2

- 第2の実施例は上記「一括成型型パッケージ」の例、より具体的には一括成型型パッケージによるビグテイル型光送信モジュールの例である。その主な特徴は、パッケージを成形する時に、エポキシ樹脂の流動方向をファイバの光軸方向と平行にしたものである。したがって、樹脂の流動圧力がファイバやジャケットの側面に直角に加わることがないので、ファイバやジャケットが直角方向に歪んだり、光素子とファイバのアライメントがずれた状態で成形されることがない。尚、この例では光素子とファイバの封止方法は低弾性樹脂を用いた滴下法を用いている。
- 15

- 第2 A図、第2 B図は本発明による第2の実施例の光モジュールを説明する図である。本例は一括成型型パッケージによるビグテイル型光送信モジュールを示している。第2 A図は上面から見た部分的な平面図、第2 B図は側面から見た部分的な断面図である。第2 C図は本モジュールを多連リードフレームを用いて量産する場合の形態を示した平面図である。
- 20

- 第2 A図—第2 C図に示した光モジュール100は、光素子110、111と、光ファイバ120と、基板130と、一括成形されたプラスチックパッケージ140と、リードフレーム150から構成されている。光ファイバはビグテイルフ
- 25

ファイバ先端がインサートされ、樹脂封止されている。

光素子110、111は基板130にダイボンディングされている。光ファイバ素線120とこれを被覆するジャケット121の先端は、それぞれ基板130に設けられたV溝131と凹溝132に固着されている。光素子110と光ファイバ120及び光素子110と光素子111は互いに光結合されている。光素子110、111と光ファイバ120が載置された基板130はリードフレーム150より延在するダイパッド151の上に固着されている。ファイバホルダ部141にはジャケット21がインサートされている。光素子110、111とファイバ素線120は透明樹脂160によって被覆されている。

- 10 光素子110、111、ファイバ120、基板130、リードフレーム150には、それぞれ、第1の実施例とほぼ同様の部品を用いている。但し、光素子110には高出力レーザダイオード（前方出力10mW）を用いた。光素子110、120は第1の実施例と同様の方法により基板130にダイボンディングされている。光素子110から出射したレーザ光は光軸方向123に沿って出力される。
- 15 光ファイバ120のジャケット121は、トランスファ成形を行うために第1の実施例より耐熱性の高いナイロン樹脂から成る。

基板130にはV溝31と同様のV溝131、並びに配線33と同様の配線133とが形成されている。しかし、凹溝132は第1の実施例にはない。凹溝132はジャケット121の外径に対応してダイシング加工により形成されている。

- 20 これは、トランスファ成形時の樹脂の流動圧力を考慮してジャケット121及び光ファイバ120と基板130との接着性を向上させるためである。

- リードフレーム150の材料には、光素子110の出力が光素子10より高いので、Cu合金を用いている。インナーリード152-1~8はパッケージ140に埋め込まれており、アウターリード153-1~8がパッケージ140の外部に取り出されている。アウターリード153-6、7は配線133とワイヤ170、171を介して光素子110に電気接続されている。アウターリード15
- 25

3-4、5は光素子111に電気接続されている。

パッケージ140は、光素子110、111と光ファイバ120とジャケット121と基板130とリードフレーム150を一括してトランスファ成形することにより構成されている。8ピンのデュアルインラインパッケージ(DIP)から成り、サイズは例えば長さ13mm(ファイバホルダ部の長さ3.4mmを含む)、幅6.3mm、高さ3mm、アウターリードピッチ2.54mm、リード幅300milである。

第1の実施例に比べて第2の実施例のパッケージが短くなった理由は、第1の実施例では光ファイバ20をパッケージ40のU溝42に固着したのに対して、第2の実施例ではパッケージ140をトランスファ成形で封止するためにジャケット121を基板130の凹溝132に固着したからである。これは、第1の実施例ではパッケージ40をキャップ80で封止するためであり、第2の実施例ではパッケージ140をトランスファ成形で封止するためである。

パッケージ140のトランスファ成形材料は黒色の熱硬化性エポキシ樹脂から成る。第2の実施例では低温硬化性と低熱膨張性のエポキシ樹脂を使用した。それは、成形時に溶融した樹脂がジャケット121に直接触れることと、成形後に樹脂が光素子100、110及びファイバ120の近傍までカバーすることを考慮した為である。この樹脂の弾性率は13GPa、熱膨張係数は9ppm/°Cである。

このエポキシ樹脂を金型温度150°C、プランジャ圧力8MPa、成形サイクル時間90秒の条件でゲート部146から金型に加圧封入することにより、パッケージ140を成形した。ゲート部146はファイバホルダ部141の対向部にあり、金型中のエポキシ樹脂の流動方向147はファイバ120の光軸方向123に概ね平行である。なお、金型からモジュールを取り外す際に光素子やファイバに余分な応力が加わらぬように、金型のエジェクタピンの配置には留意している。

トランスファ成形前に、透明樹脂160が光素子110、111とファイバ素線120のジャケット121で保護されていない部分とに滴下され、熱硬化される。透明樹脂160の材料は、光素子110、111やファイバ120への熱応力が問題にならない範囲で第1の実施例の透明樹脂60より若干高い硬度を有するシリコン樹脂を選定した。それは、トランスファ成形時に透明樹脂160が樹脂の流動方向147に変形することを防止するためである。透明樹脂160の屈折率はファイバ120とほぼ同じであり、第1の実施例と同様に光結合特性の改善とファイバ端面反射の防止に役立っている。

次に、第2実施例の光モジュール100の組立工程の概略を説明する。第2の実施例の工程1～5、7、9、10はそれぞれ第1実施例の工程2～6、9、11、12に対応している。

(1) 光素子110、111と基板130のマーカを赤外線画像により認識し、これら相互のアライメントを行う。

(2) 光素子110、111に荷重をかけ、予備加熱した基板130に仮圧着する。そして、Au-Sn半田をリフローし、光素子110、111を基板130にダイボンディングする。

(3) 基板130をダイパッド151に導電性（高熱伝導性）のエポキシ樹脂によって固着する。

(4) 光素子110、111と基板130の配線133の間、配線133とインターリード152-4～7の間をワイヤ170、171によってボンディングする。

(5) 光素子110の前方端面と光ファイバ120の端面の間隔が所定の距離になるように、光ファイバ120の先端をV溝131に、ジャケット121の先端を凹溝132に紫外線硬化樹脂または熱硬化性樹脂によって固着する。

(7) 透明樹脂160を光素子110、111と光ファイバ120に滴下し、熱硬化させる。

(8) 金型にリードフレーム150をセットし、パッケージ140をトランスファ成形して封止する。この場合、これまで説明したように、樹脂の導入の方向は、光ファイバの光軸方向に略平行となるようにすることが肝要である。

(9) リードフレーム150のダムバー(図示せず)やタイバー(図示せず)を
5 切断し、アウターリード153-1~8を所定の形状に折り曲げる。

こうして、モジュール100の組立を完了する。通例この段階で所定の特性、信頼性検査を行う。

第2の実施例の光モジュール100では、金型に樹脂を移送、封入してパッケージ140をトランスファ成形することにより、型枠に樹脂を流し込んでキャス
10 ティング注型法で成形する場合に比べて、成形サイクル時間を短縮し、ボイドの発生を防止し、精密に成形を行っている。したがって、モジュール100の生産性が向上し、形状や信頼性等に関する品質が安定する効果がある。

第2の実施例では、パッケージ140を成形する時にエポキシ樹脂の流動方向
147がファイバ120の光軸方向123に平行になるので、樹脂がファイバ1
15 20やジャケット121に沿って流動する。したがって、樹脂の流動圧力がファイバ120やジャケット121の側面に直角に加わることがないので、ファイバ120やジャケット121が直角方向に歪んだり、光素子110とファイバ120のアライメントがずれた状態で成形されることがない。

さらに、光素子110、111とファイバ120が透明樹脂160によって保
20 護されているので、流動圧力がこれらに直接加わることがなく、成形後には内部応力が分散される。また、第2の実施例には第1の実施例のキャビティ44のような中空部分がないので、パッケージ140の剛性が高い。さらに、パッケージ140の熱膨張係数(9ppm/°C)が比較的低いので、ファイバ120に加わる熱応力が小さくなる。したがって、成形中の流動圧力及び成形後の外部応力と
25 熱応力による光素子110、111や光ファイバ120の劣化を防止でき、光ファイバ120からの光出力を安定化できる効果がある。

なお、トランスファ成形前後及び温度サイクル試験後の光出力変動を測定した結果は、第1の実施例の試験結果と比べて有意差なく、どちらも長期にわたる耐応力性を示している。

第2の実施例の耐湿性に関しては、光素子110、111と光ファイバ120
5 が滴下された透明樹脂160とトランスファ成形になる樹脂とによって二重に封止されている。また、第2の実施例は第1の実施例に比べてパッケージ外部から光素子110、111やファイバ120の表面に到達する水分の浸入を抑制する効果は大きい。それは、第2の実施例のトランスファ成形になるパッケージ140には第1の実施例の樹脂ケース型パッケージ40のような中空部分がなく、第
10 2の実施例の樹脂厚が第1の実施例の樹脂厚に比べて大きいのである。

但し、透明樹脂160とパッケージ140を構成するエポキシ樹脂との熱膨張差や接着性によっては両者の界面に水膜が形成される場合があるが、耐湿性は問題にならない。これは、光素子110、111と光ファイバ120に対する透明樹脂160の密着性が良いので、透明樹脂160の飽和水蒸気圧下においても透
15 明樹脂160と光素子110、111、ファイバ120との界面には水膜が形成されないからである。したがって、第2の実施例は光素子110、111の腐食とファイバ120の破断を防止でき、耐湿性を確保できる効果がある。この効果は、第1の実施例と同様の高温高湿動作試験により検証されている。

第2の実施例と第1の実施例をコストで比較すると、第2の実施例は第1の実
20 施例のようなキャップ80がないので部品点数を削減でき、これに伴って第2の実施例の組立工程数は第1の実施例の工程(7)、(9)の分だけ少なくなる。但し、第2の実施例の熱硬化樹脂によるトランスファ成形は第1の実施例の熱可塑性樹脂のインジェクション成形に比べて成形サイクル時間が長く、アフタキュアを要し、材料使用量が大きくなる。また、第2の実施例は第1の実施例より基板13
25 0を厚くして、耐熱性ジャケット121を用いる必要がある。

パッケージサイズで比較すると、第2の実施例は次の2点で有利である。即ち、

(1) 第1の実施例のような接着しろを設ける必要がないので小型化できることである。(2) キャップを貼り合わせる必要がないので形状精度を向上できることである。

放熱性で比較すると、第2の実施例は第1の実施例のような中空部分がないので熱伝導面積が大きくなり、熱抵抗を1～2割程度低減できる。

具体的製造における第1の実施例と第2の実施例の選択は、成形／組立設備への投資、部材調達方法、光素子／ファイバ／モジュールの特性と信頼性の仕様等を総合的に勘案して決定される。

なお、第2の実施例ではトランスファ成形樹脂として低温硬化、低熱膨張性エポキシ樹脂を用いたが、所望の物性に応じてベース樹脂の組成を調整し、充填剤や可撓化剤を配合することができる。例えば、ベース樹脂にはエポキシ樹脂やシリコン樹脂、充填剤にはシリカフィラーや合成フィラー、可撓化剤にはシリコンオイルやシリコンゴムがある。成形時の光ファイバやワイヤの変形を減らす場合には低粘度、低速成形樹脂が適しており、成形後の熱応力を低減する場合には低弾性、低熱膨張樹脂が適している。また、成形性を向上するためにアフタキュアを不要にした樹脂を採用する場合がある。

第2の実施例を成形するためのゲート部は光ファイバ取出し位置の反対側にあるが、成形樹脂が光ファイバの光軸に沿って流れるように配慮しながらモジュール構造と成形性に応じてゲート部の位置を変更してよい。ゲートのタイプとしてはアンダーゲート、センターゲート、アッパーゲート、セパレートゲート等を使い分けてよい。

また、成形金型からモジュールの多数個取りを行う例を例示する。第2C図は本モジュールを多連リードフレームを用いて量産する場合の形態を示した平面図である。複数のキャビティ93と複数のゲート92を金型90に設け、多連リードフレーム50を用いる。ランナ（樹脂の主流路）91に沿って複数のキャビティ93を配置し、ランナ91に対して光軸が垂直になるように金型90を構成す

ることにより、モジュール取得数をさらに増加させることができる。

第2の実施例は透明樹脂160の滴下とトランスファ成形により樹脂封止を行っているが、透明樹脂として第1の実施例の説明で述べたような樹脂材料を使用することも出来る。また、耐湿性をさらに向上させるため、透明樹脂160の上
5 にオーバーコート樹脂を被覆することも可能である。

実施例3

第3の実施例は、パッケージ方法として一括成型型であるトランスファ成形方法を採用する。そして、光素子とファイバの固定方法として滴下法を採用する。パッケージをトランスファ成形する際にはゲート部からの樹脂を流動は、その流
10 動方向とファイバの光軸方向が平行になるように留意している。これにより、成形圧力によってフェルールに位置ずれが生じることを防ぎ、レセプタクル部の加工精度（すなわちコネクタとの接続精度）を確保している。

本発明の第3の実施例を第3A図、第3B図を用いて説明する。第3A図は上面から見た部分的な平面図、第3B図は側面から見た部分的な断面図である。第
15 3A図—第3B図は一括成型法で形成されたパッケージによるレセプタクル型光・送信モジュールを示している。

第3A図—第3B図に示す通り、光モジュール200は、光素子210、211と、光ファイバ220と、基板230と、一括成型型プラスチックパッケージ240と、リードフレーム250から構成されている。

20 光素子210、211は基板230にダイボンディングされている。光ファイバ素線220を内包するフェルール221の先端は、基板230に設けられたV溝231に固着され、同じく基板230に設けられた凹溝232の側面に突き当てられている。光素子210とファイバ220、及び光素子210と光素子211は互いに光結合されている。リードフレーム250のインナーリード252—
25 1～8の先端は、基板230の表面に固着されている。アウターリード253—1～8のうち、253—4～7はインナーリード252—4～7とワイヤ270

を介して光素子 210、211 に電気接続されている。アウターリード 253-2 と 253-7 はバスバー 251 を介してつながっている。光素子 210、211 の表面とファイバ 220 の端面は透明樹脂 260 によって被覆されている。パッケージ 240 のレセプタクル部 241 にはラッチ 248 と凹部 242 が設けられている。凹部 242 から取り出されたフェルール 221 の後端には、スリーブ 222 が嵌め込まれている。

光素子 210、211、ファイバ 220、基板 230、リードフレーム 250、パッケージ 240 の仕様は概ね第 1 の実施例または第 2 の実施例に用いた部材に対応している。

10 第 3 の実施例が第 1 の実施例または第 2 の実施例と異なる点は次の諸点である。

(1) パッケージ 240 にレセプタクル部 241 を設けていること。(2) レセプタクル部 241 において光コネクタを接続するためにファイバ 220 をフェルール 221 で支持していること。(3) レセプタクル部 241 に加わるコネクタ挿抜力に配慮してフェルール 221 を V 溝 231 と凹溝 232 で支持していること。(4) 同じ配慮によりパッケージ 240 の構造をなるべく上下左右対称にしてリードフレーム 250 を基板 230 の上に配置していること。(5) これに伴って電気特性に関して光素子 210、211 の負荷容量 (基板 230 の浮遊容量) を低減し、バスバー 251 によりリードフレーム 250 のインダクタンスを低減していること。

20 フェルール 221 の材料はジルコニアセラミック、ガラスまたはプラスチックから成り、コネクタ損失や接続回数の仕様によって選択する。外径は例えば 0.99 mm、内径 (ファイバ 220 が挿入されるスルーホール の直径) は例えば 126 μ m である。フェルール 221 のレセプタクル部 241 側の端面は、コネクタを接続するために研磨されている。スリーブはジルコニアセラミックまたはプラスチックから成る。レセプタクル部 241 にコネクタを接続すると、コネクタがラッチ 248 で機械的に把持され、コネクタ側のフェルールがスリーブ 222

の中に挿入され、このフェルールとフェルール221が密接する。

基板230のV溝231の幅は例えば1201 μ mであり、第1の実施例や第2の実施例のV溝31、131に比べてかなり幅が広い。このため、V溝231のエッチング精度とフェルール221の外径、内径精度を考慮に入れて、光素子210のファーフールドパターンの半値全角を20 \times 25 $^{\circ}$ まで狭めている(スポットサイズに換算して約1.4 \times 1.1 μ m)。凹溝232はフェルール221のストッパーとして働いており、光素子210の前方端面とフェルール221の端面の間隔が所定の距離になるようにダイシング加工によって形成されている。

10 パッケージ240の長さはレセプタクル部241を含めて14mm、幅は6.3mm、高さは3mmである。パッケージ240の成形材料としては、レセプタクル部241のラッチ248にバネ機能を持たせるため、適切な弾性率を有するエポキシ樹脂材料を用いている。

15 パッケージ240をトランスファ成形する際にはゲート部246から矢印247の方向に樹脂を流動させ、流動方向247とファイバ220の光軸方向223が平行になるように留意している。これにより、成形圧力によってフェルール221に位置ずれが生じることを防ぎ、レセプタクル部241の加工精度(すなわちコネクタとの接続精度)を確保している。光素子210、211はバスバー251によって囲われており、透明樹脂260で覆われているので、これらに成形20 圧力が直接加わることはない。バスバー251は透明樹脂260を滴下する時の流止めダムとして作用するとともに、透明樹脂260が成形圧力によって変形するのを防止する効果がある。

25 なお、第3の実施例に示したレセプタクル型モジュールは、モジュールをプリント配線基板等を実装する場合に自動化に有利である。それは第1の実施例や第2の実施例のようなビッグテイル型モジュールに比べて、ビッグテイルファイバを取り扱う必要がない為である。

実施例 4

第 4 の実施例は樹脂ケース型パッケージの例である。樹脂ケースの成形はインジェクション成形を採用している。光素子および光ファイバの固定には低弾性樹脂を用いたポッティング法を用いている。インジェクション成形ではゲート部からの樹脂の流動は、ファイバの光軸方向になされている。従って、この方向にパッケージの剛性が向上し、熱膨張、熱収縮が低減されるので、ファイバやフェルールに加わる外部よりの熱応力を抑制できる。

本発明の第 4 の実施例を第 4 A 図、第 4 B 図を用いて説明する。第 4 A 図—第 4 B 図は樹脂ケース型パッケージによるレセプタクル型光受信モジュールを示している。第 4 A 図は下面から見た部分的平面図、第 4 B 図は側面から見た部分的断面図である。

第 4 A 図、第 4 B 図に示す通り、パッケージ 3 4 0 には、光素子 3 1 1 と I C 素子 3 1 2 とファイバ 3 2 0 と基板 3 3 0 が收容されており、これらが透明樹脂 3 6 0 のポッティングにより封止されている。

光素子 3 1 1 と I C 素子 3 1 2 は基板 3 3 0 にダイボンディングされている。光ファイバ素線 3 2 0 の先端は基板 3 3 0 に設けられた V 溝 3 3 1 に固着されており、光素子 3 1 1 と光ファイバ 3 2 0 が光結合されている。光ファイバ 3 2 0 の後方はフェルール 3 2 1 により支持されている。フェルール 3 2 1 は基板 3 2 0 の凹溝 3 3 2 とパッケージ 3 4 0 の U 溝 3 4 2 に固着されている。パッケージ 3 4 0 のレセプタクル部 3 4 1 はラッチ 3 4 8 と U 溝 3 4 3 を備えており、スリーブ 3 2 2 は U 溝 3 4 3 においてフェルール 3 2 1 に嵌め込まれている。

パッケージ 3 4 0 の下面のキャビティ 3 4 4 の表面にはダイパッド 3 5 1 と配線 3 5 2-1~7 がメッキされ、側面の凹部には端子 3 5 3-1~8 がメッキされ、上面のキャビティ 3 4 9 の表面もメッキされている。グランド端子 3 5 3-1、3、5、7、8 はダイパッド 3 5 1 と配線 3 5 2-1、3、5、7 につながっている。電源端子 3 5 2-2、信号端子 3 5 2-4、電源端子 3 5 2-6 は、

それぞれ、基板 330 に形成された配線 333 とワイヤ 370、371 を介して、光素子 311 のバイアス電極、IC 素子 312 の信号電極、IC 素子 312 の電源電極に接続されている。

5 光素子 311 はフォトダイオードであり、IC 素子 312 は光素子 311 のフォトカレント信号を増幅するプリアンプを含む受信回路である。ファイバ 320、フェルール 321、スリーブ 322、基板 330 の仕様は第 1～第 3 の実施例に準ずる。

第 4 の実施例と第 3 の実施例との相違点は、次の通りである。

10 (1) パッケージ 340 が上下両面にキャビティ 344、349 を有する樹脂ケースである。

(2) 配線 352-1～7 と端子 353-1～8 をメッキで形成することによりリードフレームを省略した (LCC 型であることを教えている)。

15 (3) レセプタクル部 341 に対する光コネクタの挿抜力とパッケージ 340 の熱応力を考慮してファイバ素線 320 を V 溝 331 に固着し、フェルール 321 を凹溝 332 と U 溝 342 に固着した。

20 モジュール 300 すなわちパッケージ 340 のサイズは例えば、長さ 16.5 mm (レセプタクル部 341 を含む)、幅 6.3 mm、高さ 2.8 mm である。モジュール 300 は、基板 330 の背面を上に向けて別構造体 (例えばプリント基板やハウジング等) に取り付けられる。別構造体の一部をキャップとして利用できるので、第 1 の実施例に比べて部品点数を削減できる上、モジュール 300 を薄型化できる。

25 端子 353-1～8 は第 1～第 3 の実施例のようなリードフレームに比べて短いので、高周波特性に優れている。また、キャビティ 349 の表面に形成する配線に関して、グランド配線により電磁ノイズをシールドできる。また、グランド配線と電源配線間にバイパスコンデンサを接続することにより電源供給を安定化できる。受信モジュールに搭載されるフォトダイオードでは放熱があまり問題に

ならないが、第4の実施例の光素子311の代わりにレーザダイオード等を搭載する場合にはキャビティ349にヒートシンクや放熱フィンを取り付けてよい。

- パッケージ340は液晶ポリマーをインジェクション成形し、その表面にCuやAuのメッキパターンを形成した物である。インジェクション成形ではゲート部346から矢印347の方向に樹脂を流動させている。これにより、ファイバ320の光軸方向323に対してパッケージ340の剛性が向上し、熱膨張、熱収縮が低減されるので、ファイバ320やフェルール321に加わる外部よりの熱応力を抑制できる。また、ラッチ348の剛性が確保できるので、レセプタクル部341へのコネクタ接続の繰り返しによって折損することがない。

- 10 光素子311、IC素子312、ファイバ素線320を被覆する透明樹脂360は、第1の実施例のようなシリコンゲルに比べて硬めのシリコンゴムを用いている。それはパッケージ340の下面の外装材も兼ねている為である。透明樹脂360を透過して光素子311に入射する迷光が問題になる場合には、透明樹脂360の表面に着色するか、または黒色のオーバーコートが被せればよい。

- 15 以上、本発明に係わる第1の実施例から第4の実施例の光モジュールを説明してきたが、本発明の最も重要なポイントは、プラスチックパッケージが樹脂ケース型か一括成型型かに拘わらず、モールド樹脂の流動方向がファイバの光軸に平行であることである。これによって、光モジュール特有の光素子及び光ファイバに対して低コスト化と高信頼化を実現することが可能になる。

20 実施例5

本例ではカード型光モジュールの例を説明する。樹脂ケース部材の製造方法に樹脂ケース型を用いた例である。

- 第5図はカード型光モジュールの例を示す斜視図である。光モジュール全体を支える樹脂ケース部材のベース440の上に各モジュール要素および電気系との25 接続部が搭載されている。光伝送系、光電変換素子部およびその駆動用集積回路部は、基板430上にカード型の配列されている。このようなカード型に対応し

た実装部品は、カード型に供する形態とする以外、これまでの例と基本的に同様の構成および特徴を有している。

光発光素子 4 1 0 (例えばレーザ・ダイオード) および光受光装置 4 1 1 (例えばフォトダイオード) が実装基板 4 3 0 にボンディングされ、これらは各々、
5 光ファイバ素線 4 2 0 と光分岐導波部 4 3 4 によって光結合されている。光ファイバ素線 4 2 0 はジャケット 4 2 1 で覆われている。そして、このジャケット 4 2 1 はファイバ・フォルダ 4 4 1 で支えられている。これらの光受光素子 4 1 0、4 1 1 は透明樹脂 4 6 0 にて覆われている。尚、第 5 図ではこの透明樹脂の覆っている平面的な領域のみを示している。半導体集積回路装置 4 1 2 は発光素子 4
10 1 0 の駆動回路、一方、半導体集積回路装置 4 1 3 は光受光装置 4 1 1 よりのフォトカレントを増幅するプリアンプを含む受光回路である。各々の半導体集積回路装置 4 1 2、4 1 3 はプリント基板 4 9 0 に搭載され、電氣的接続端子 4 9 1 とコネクタ 4 9 2 によって外部の電気信号回路に接続される。プリント基板 4 9 0 とコネクタ 4 9 2 は、樹脂ケース部材のベース 4 4 0 (ファイバ・フォルダ 4
15 4 1 もこの一部) に埋め込まれている。第 5 図では省略されているが、樹脂ケース部材のカード型のキャップがベース 4 4 0 に対抗して準備される。

樹脂ケース部材の製造方法は「樹脂ケース型」を用い、実施例 1 と基本的に同様である。樹脂ケース部材のベース 4 4 0 とキャップとは熱可塑性樹脂の一種であるガラス繊維強化型グレードの液晶ポリマーを用いた。そして、その成形に際
20 しての流動方向を、光ファイバの光軸方向に略平行となるようにする。こうして、液晶ポリマーの分子鎖が光ファイバの光軸方向に略平行に配向する。これにより、樹脂ケース部材のベース 4 4 0 とキャップこの方向の弾性率を向上させ、熱膨張係数を低減できる。通常、特にファイバホルダ部に光軸方向に関する引張り応力や曲げ応力が加わる。しかし、本例では十分な機械強度を確保でき、光ファイバ
25 4 2 1 に加わる外部応力を抑制できる。

尚、カード型光モジュールの製造に、実施例 1—4 の述べた方法が適用できる

ことは言うまでもない。

実施例 6

本例では光伝送システムの典型的な例を説明する。第 6 図は光伝送システムの典型的な例を示す図である。光伝送システム 500 において、501 はサーバ、
5 510 は送信装置、502 は光ファイバー、503 は光分配器、520—523 は各々受信装置、550—553 は各々端末への伝送を示している。サーバ 501 からの情報は、光分配器 503 により複数の各端末に伝送される。尚、送信装置 510 は主として送信 LSI (集積回路装置) 部 511 と、これからの電気信号を光に変換し、送信する為の光送信モジュール 512 により構成される。一方、
10 受信装置 520—523 の各々は、主として光受信モジュール 530—533、およびこれからの光を光電変換する為の受信 LSI (集積回路装置) 部 540—543 により構成される。本願発明の各伝送装置は、こうした送信装置あるいは受信装置の構成に係わる。

各光送信モジュールあるいは光受信モジュールとして実施例 1 に例示した光モジュールを用いた。また、実施例 2—4 に例示した光モジュールを用いることが出来る。
15

こうして、本願発明によれば、高信頼性にして且つ安価な光伝送システムを提供することが出来る。

産業上の利用可能性

20 本発明は樹脂モールド型光モジュールおよびわけてもこの樹脂モールド型光モジュールを用いた光ファイバ伝送装置に用いることが出来る。又、本発明は光伝送システムに適用可能なものである。

請 求 の 範 囲

1. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケース部材の
5 少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の高弾性率の方向となっていることを特徴とする光モジュール。
2. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケース部材の
10 少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の低熱膨張係数の方向となっていることを特徴とする光モジュール。
3. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載し且つ樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸
15 に略平行として成形した樹脂ケース部材を有することを特徴とする光モジュール。
4. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケースの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分は、この樹脂の分子鎖の配向が前記光ファイバの光軸に略平行となっていることを有することを特徴とする光モジュール。
20
5. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケースは熱可塑性樹脂で形成され、且つ前記樹脂ケース部材の少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の高弾性
25 率の方向となっていることを特徴とする光モジュール。
6. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光フ

ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケースは熱可塑性樹脂で形成され、且つ前記樹脂ケース部材の少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向がこの樹脂材料の低熱膨張係数の方向となっていることを特徴とする光モジュール。

- 5 7. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、且つこの樹脂ケースが熱可塑性樹脂で形成され且つこの樹脂ケースの形成時、樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸に略平行として成形した樹脂ケースなることを特徴とする光モジュール。

- 10 8. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバとを少なくとも搭載する樹脂ケース部材とを有し、前記樹脂ケースの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分は、この樹脂の分子鎖の配向が前記光ファイバの光軸に略平行となっていることを有することを特徴とする光モジュール。

- 15 9. 前記光素子と前記光ファイバの一部が所定部材に透明樹脂にて被覆されてなることを特徴とする請求の範囲第1より8項のいずれかに記載の光モジュール。

10. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸に略平行として樹脂を流動させ、次いでこの樹脂を固化して少なくとも前記光素子と前記光ファイバの一部をパッケージしたことを特

- 20 徴とする光モジュール。

11. 前記樹脂が熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求の範囲第10項記載の光モジュール。

12. 前記光素子と前記光ファイバの一部が所定部材に透明樹脂にて被覆され、少なくともこの所定部材を含んで、樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光

- 25 軸に略平行として樹脂を流動させ、次いでこの樹脂を固化してパッケージしたことを特徴とする請求の範囲第10項より第11項のいずれかに記載の光モジュール。

ル。

- 1 3. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸に略平行として樹脂を流動させ、次いでこの樹脂を固化して少なくとも前記光素子と前記光ファイバの一部をパッケージしたことを特徴とする光モジュールの製造方法。
- 1 4. 前記光素子と前記光ファイバの一部が所定部材に透明樹脂にて被覆され、少なくともこの所定部材を含んで、樹脂の主たる流動方向を前記光ファイバの光軸に略平行として樹脂を流動させ、次いでこの樹脂を固化してパッケージしたことを特徴とする請求の範囲第 1 3 項記載の光モジュールの製造方法。
- 1 5. 光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバと、前記光素子と前記光ファイバが載置される基板と、前記光素子に電気接続されるリードフレームとを少なくとも準備し、前記基板と前記リードフレームをインサートして、前記光ファイバの光軸に概ね平行に熱硬化性樹脂を流動させてトランスファ成形有することを特徴とする光モジュールの製造方法。
- 1 6. 光モジュールと前記光モジュールが実装される実装基板とを少なくとも有し、前記光モジュールは、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバーと、前記光素子と前記光ファイバーの少なくとも一部を収容するパッケージとを少なくとも有し、且つ前記パッケージが前記光ファイバーの光軸に略平行に樹脂を流動させて成形させたパッケージなることを特徴とする光伝送装置。
- 1 7. 光モジュールと前記光モジュールが実装される実装基板とを少なくとも有し、前記光モジュールは、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバーと、前記光素子と前記光ファイバーの少なくとも一部を収容するパッケージとを少なくとも有し、且つ前記パッケージの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向が、この樹脂材料の高弾性率の方向となっていることを特徴とする光伝送装置。
- 1 8. 光モジュールと前記光モジュールが実装される実装基板とを少なくとも有

し、前記光モジュールは、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバーと、前記光素子と前記光ファイバーの少なくとも一部を収容するパッケージとを少なくとも有し、且つ前記パッケージの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向が、この樹脂材料の低熱膨張係数の方向

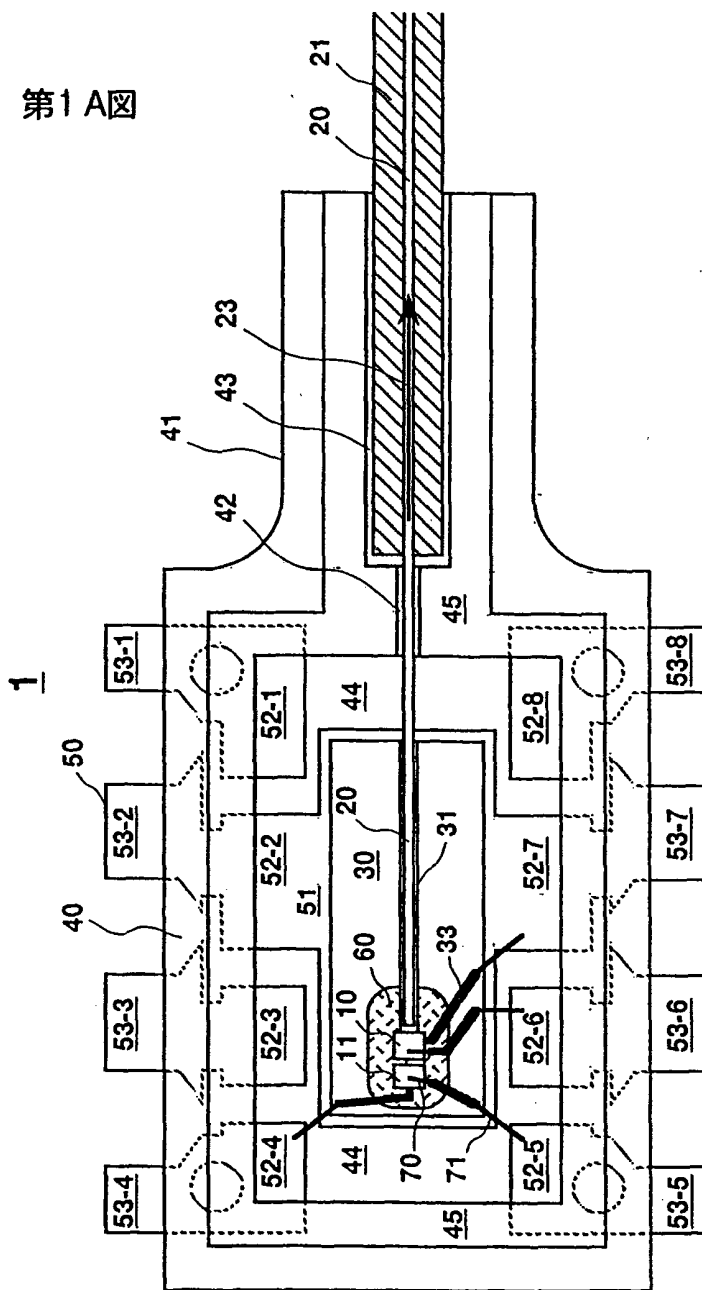
5 向となっていることを特徴とする光伝送装置。

19. 光モジュールと前記光モジュールが実装される実装基板とを少なくとも有し、前記光モジュールは、光素子と、前記光素子に光結合される光ファイバーと、前記光素子と前記光ファイバーの少なくとも一部を収容するパッケージとを少なくとも有し、且つ前記パッケージの少なくとも前記光ファイバの光軸に沿う主要

10 部分の、前記光ファイバの光軸に沿う方向が、この樹脂材料の分子鎖の配向の方向となっていることを特徴とする光伝送装置。

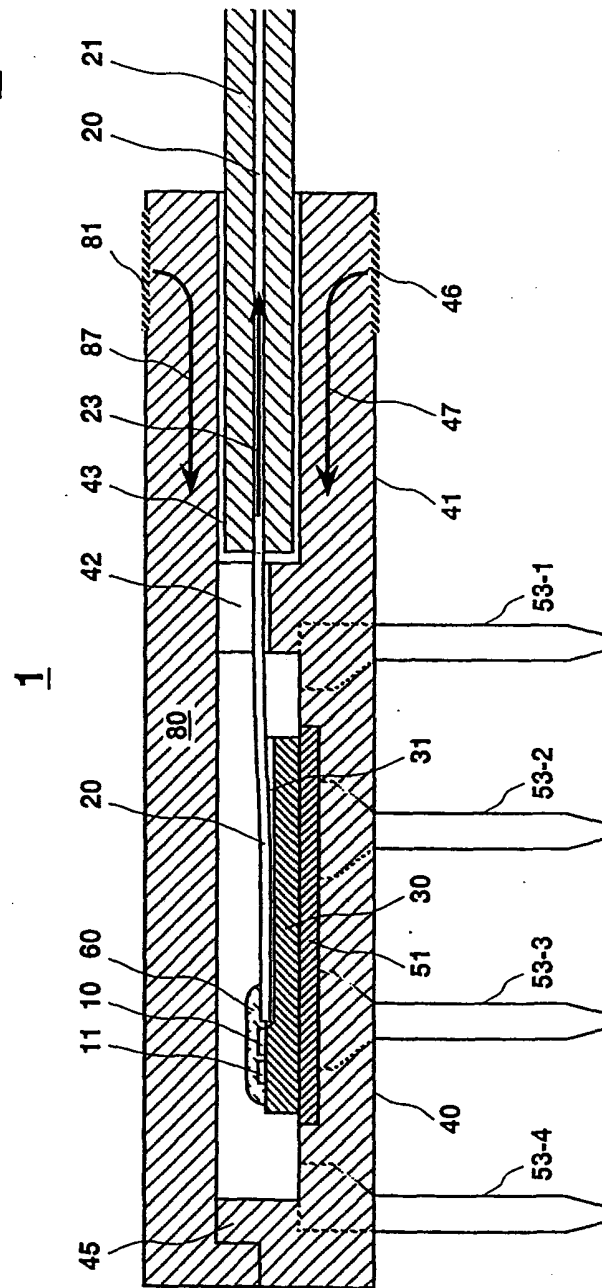
1/12

第1A図



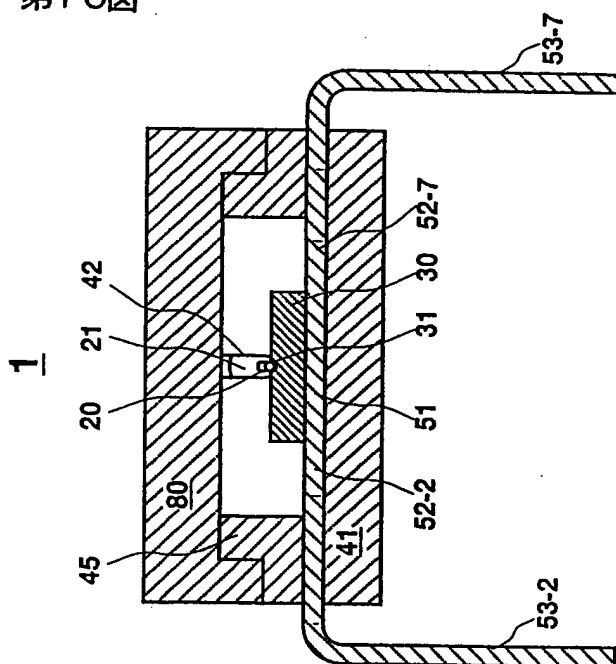
2/12

第1 B図



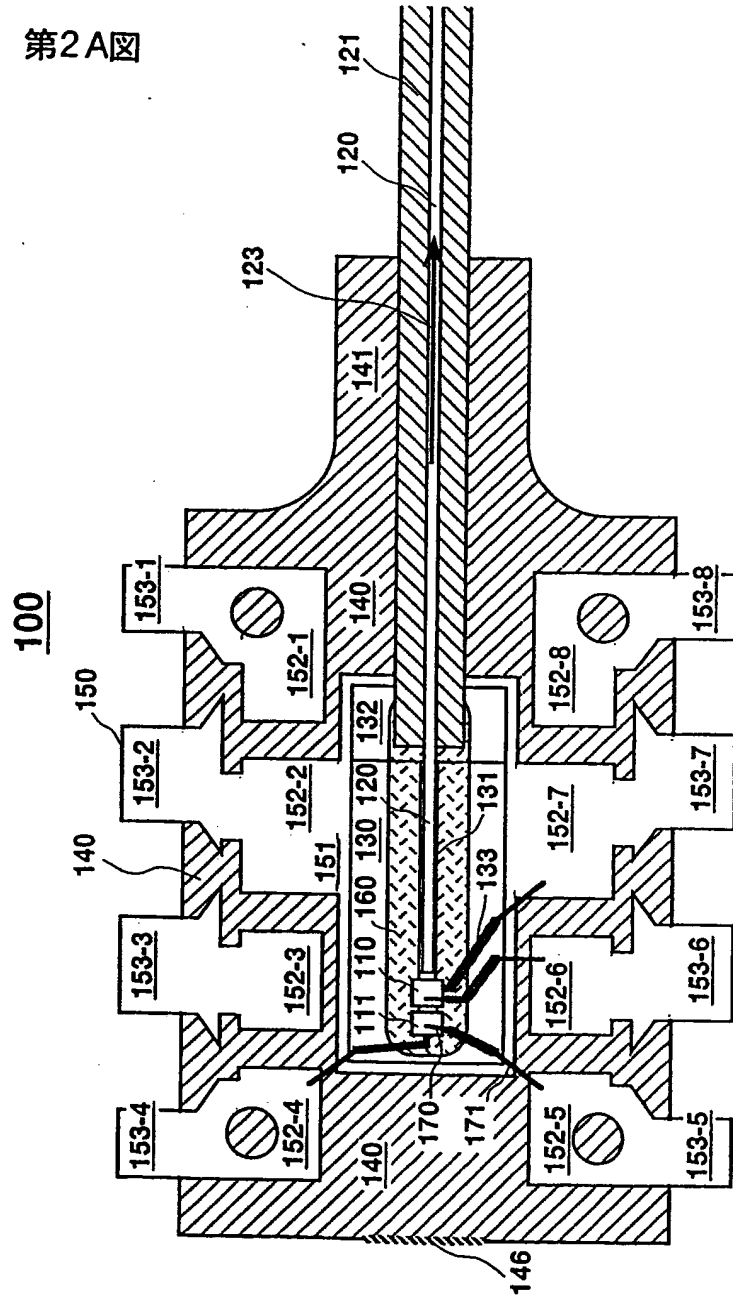
3/12

第1C図



4/12

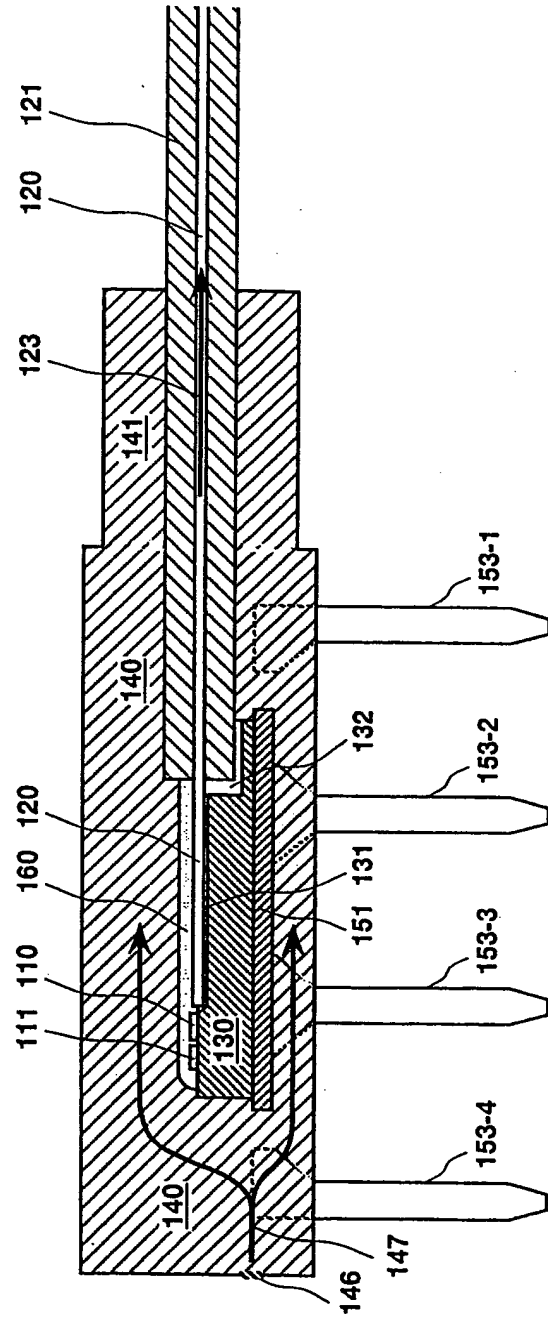
第2A図



5/12

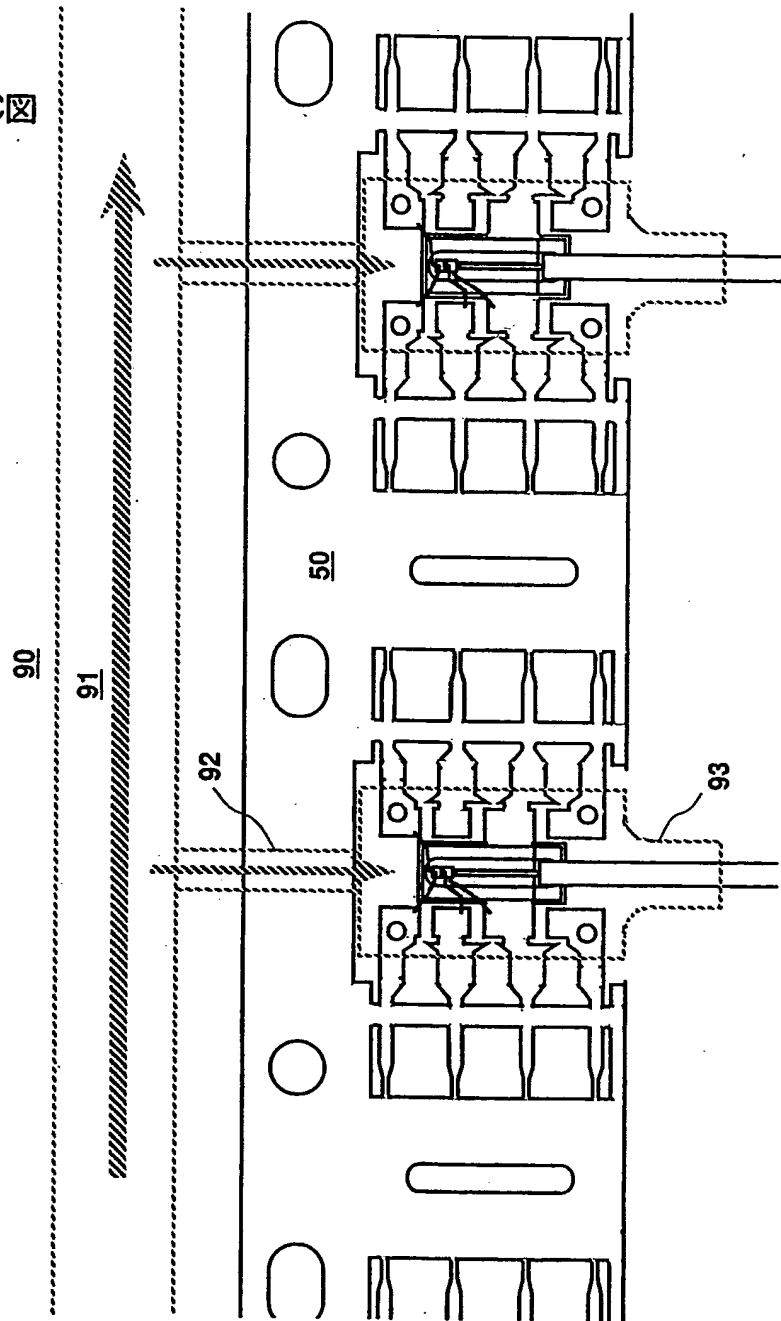
第2B図

100

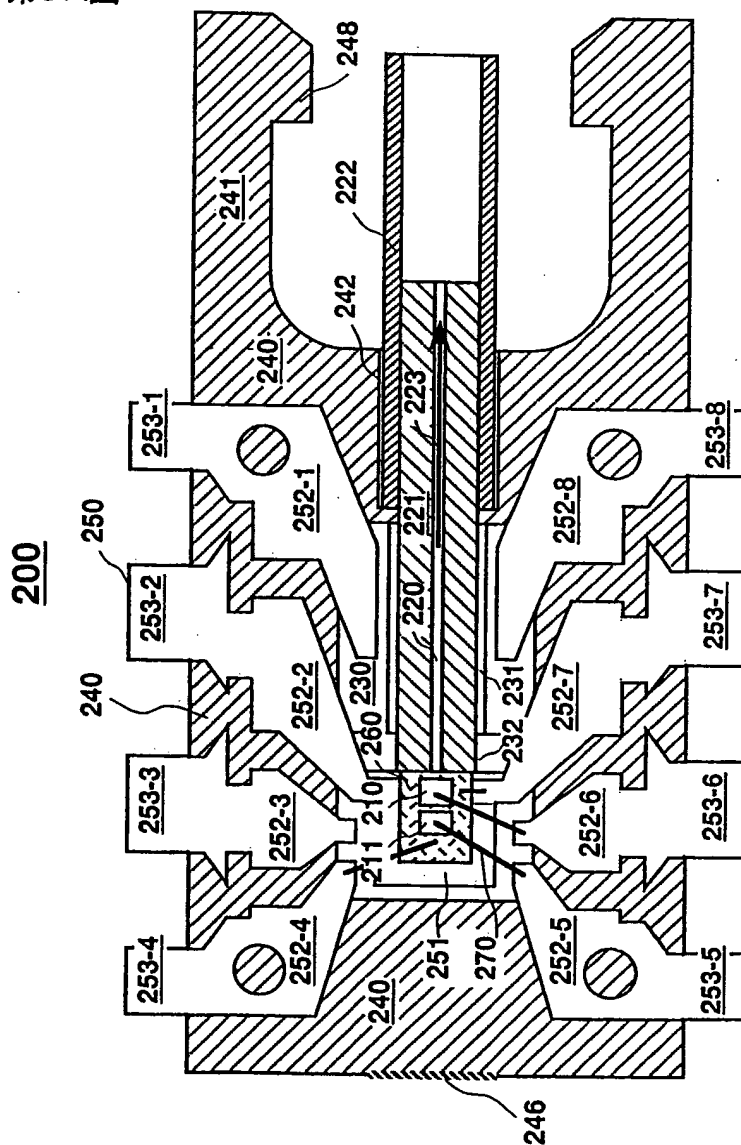


6/12

第2C図

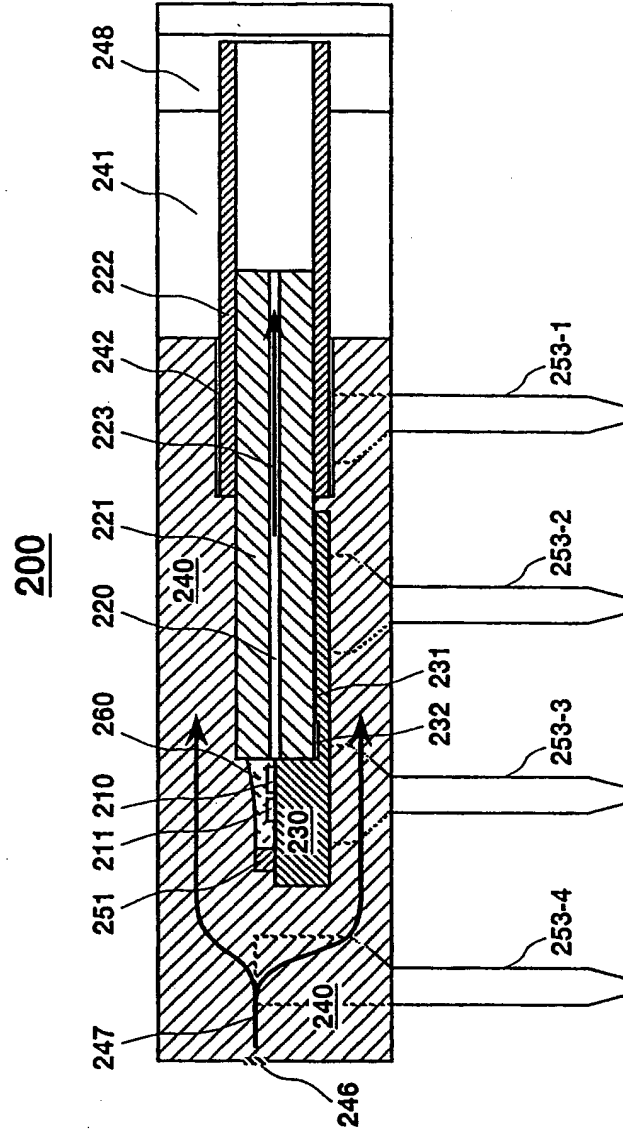


第3A図



8/12

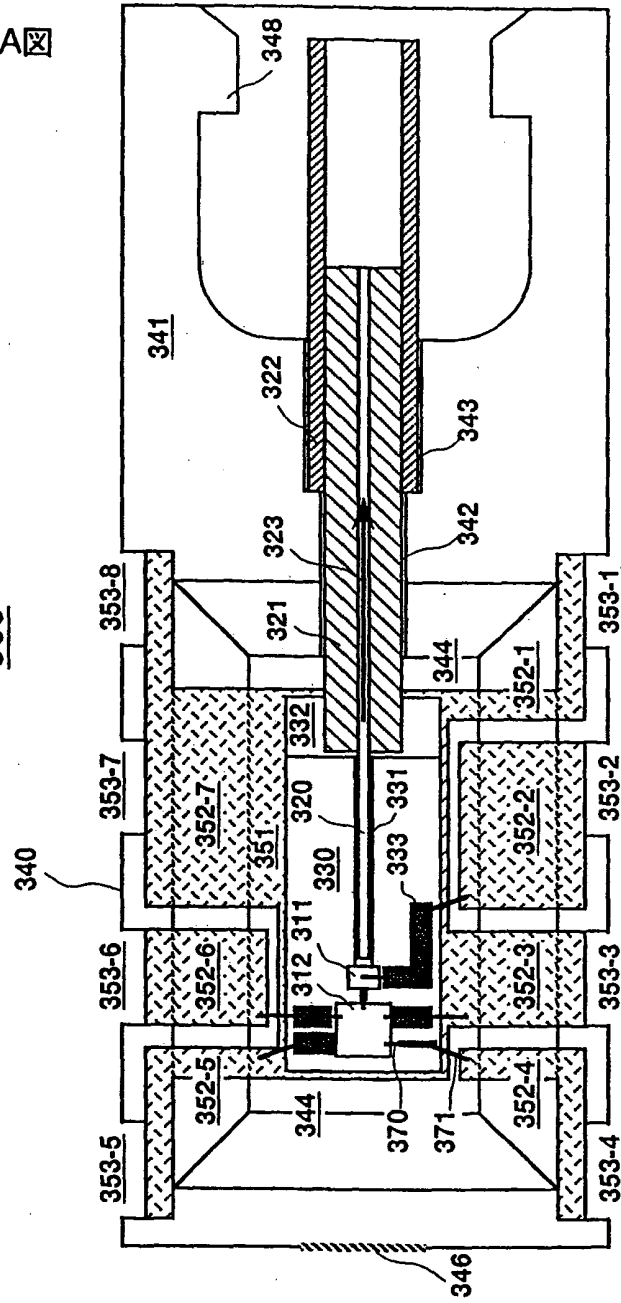
第3B図



9/12

第4A図

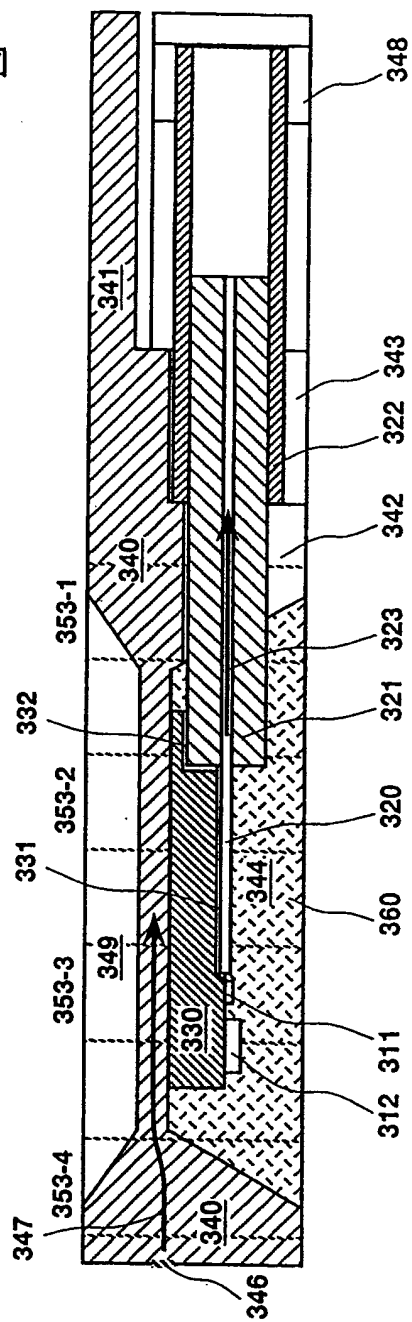
300



10/12

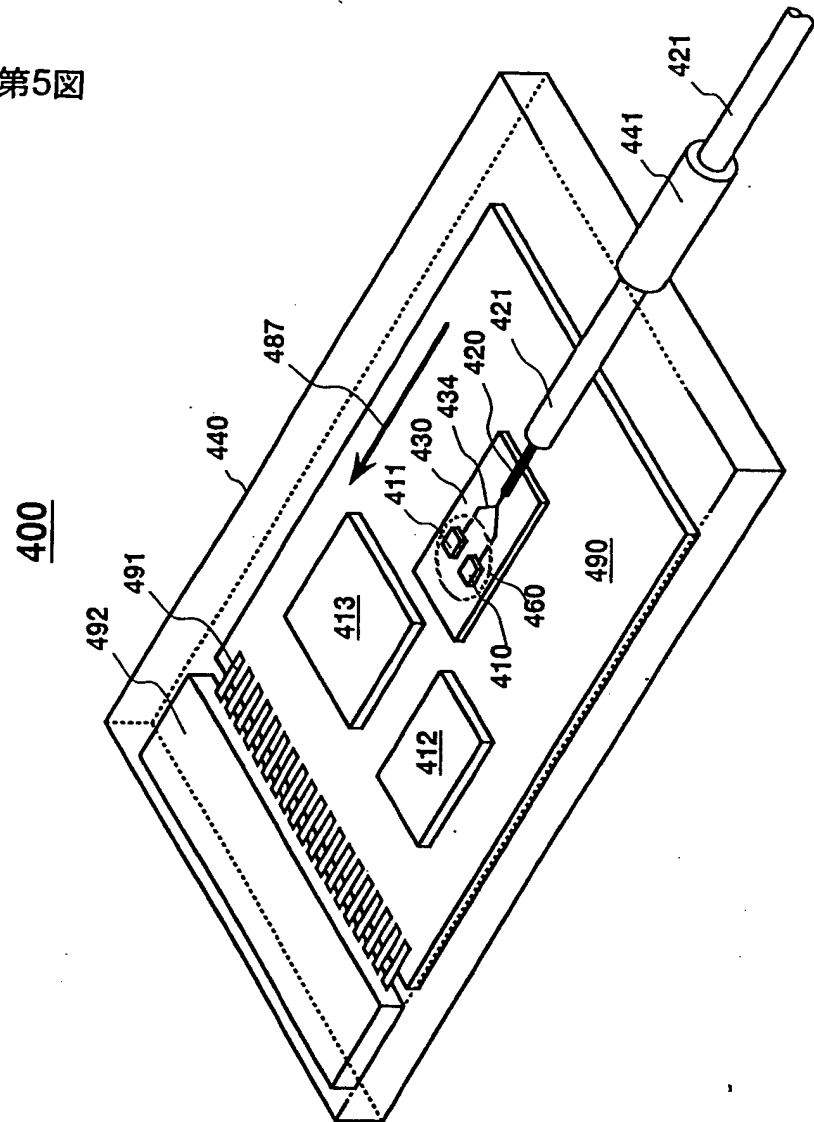
第4B図

300



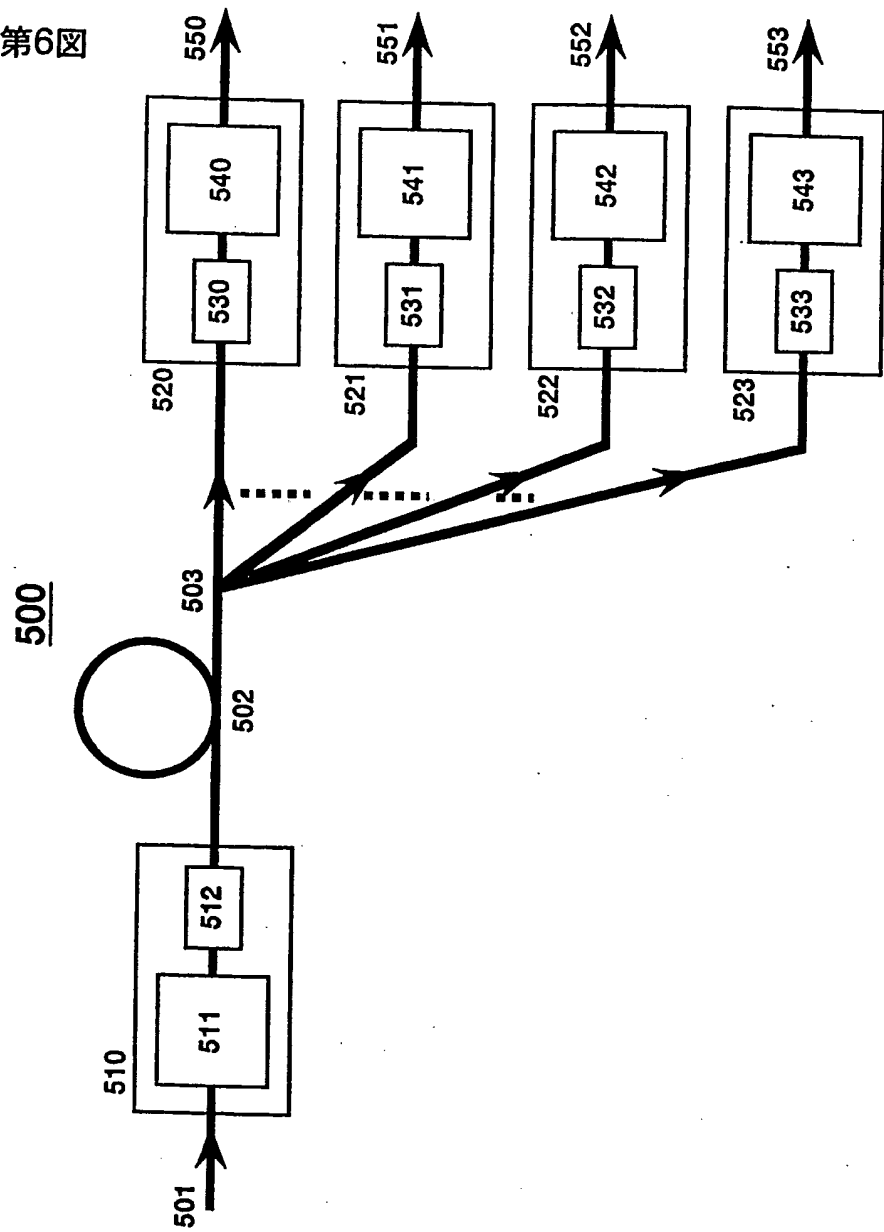
11/12

第5図



12/12

第6図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/01430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ G02B6/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 8-15576, A (Hamamatsu Photonics K.K.), January 19, 1996 (19. 01. 96), Par. Nos. [0014], [0050] to [0054] (Family: none)	1-8, 10, 11, 13 16-19
Y		9, 12, 14, 15
Y	JP, 8-248274, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), September 27, 1996 (27. 09. 96) (Family: none)	9, 12, 14
Y	JP, 2-271308, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), November 6, 1990 (06. 11. 90) (Family: none)	15
A	JP, 7-35954, A (Shinko Electric Industries Co., Ltd.), February 7, 1995 (07. 02. 95) (Family: none)	1-19
A	JP, 3-17605, A (Honda Motor Co., Ltd.), January 25, 1991 (25. 01. 91) (Family: none)	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
June 17, 1998 (17. 06. 98)Date of mailing of the international search report
June 30, 1998 (30. 06. 98)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Examiner's Name

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ G02B6/42

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ G02B6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1998年
日本国公開実用新案公報 1971-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 8-15576, A (浜松ホトニクス株式会社), 19. 1月. 1996 (19. 01. 96) 段落0014, 0050-0054 (ファミリーなし)	1-8, 10, 11, 13 16-19
Y	JP, 8-248274, A (日本電信電話株式会社), 27. 9月. 1996 (27. 09. 96) (ファミリーなし)	9, 12, 14, 15
Y	JP, 2-271308, A (住友電気工業株式会社), 6. 11月. 1990 (06. 11. 90) (ファミリーなし)	9, 12, 14
A	JP, 7-35954, A (新光電気工業株式会社), 7. 2月. 1995 (07. 02. 95) (ファミリーなし)	15
A	JP, 3-17605, A (本田技研工業株式会社), 25. 1月. 1991 (25. 01. 91) (ファミリーなし)	1-19

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 06. 98

国際調査報告の発送日

30.06.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

橋 場 健 治

印

2K 7036

電話番号 03-3581-1101 内線 3255